ACA
0112

Bound 1939

HARVARD UNIVERSITY

LIBRARY

OF THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY

E. Pehange

182

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

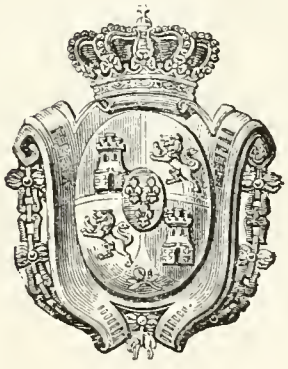
DE MADRID.

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES.

TOMO VI.



MADRID:

POR AGUADO, IMPRESOR DE CÁMARA DE S. M. Y DE SU REAL CASA.

1863.

Publicado por acuerdo de la Academia.

El Secretario perpétuo,

A. Aguilar.

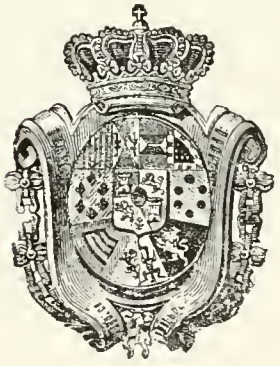
MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

DE MADRID.

2.ª SERIE. — CIENCIAS FISICAS. — TOMO 2.º — 1.ª PARTE.



MADRID:

POR AGUADO, IMPRESOR DE CÁMARA DE S. M. Y DE SU REAL CASA.

—

1863.

NOTA.

La Academia no adopta ni rehusa las opiniones de sus individuos: cada autor es responsable de lo que contengan sus escritos.

MEMORIA

PREMIADA

EN EL CONCURSO PUBLICO ABIERTO POR LA ACADEMIA PARA EL AÑO 1863

SOBRE EL TEMA:

Influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion y procedimientos mas económicos para utilizarlos en la produccion de cereales en la Península,

ESCRITA

POR DON MANUEL SAENZ DIEZ,

Catedrático de Química de la Universidad Central.

INTRODUCCION.

Lema.—La economía agrícola es á la vez un arte y una ciencia. (Liebig.)

1.° Pocos problemas podrán presentarse en la época actual como el que acabamos de indicar, que, á sus escasas palabras y sencilla enumeracion, reuna la circunstancia de ser una de las mas difíciles cuestiones de la química aplicada; y pocos cual él, de resultados tan útiles, una vez bien resuelto: pero como quiera que para llegar á conseguirlo se necesitan datos, y en la ocasion actual no son numerosos los que poseemos, esto mismo hace mas difícil su resolucion, y por tanto que pueda ser envidiado el que lo consiga.

No somos nosotros los que aspiramos á tanta gloria: el imperfecto trabajo que tenemos la honra de presentar á tan ilustre como sábia Corporacion, lo hacemos animados solo del mejor deseo de acercarnos lo mas que nos sea posible al pie de la alta montaña que delante se nos presenta; de ningun modo pensamos llegar á su cumbre; nuestras fuerzas son escasas, y el terreno pedregoso, por cuya razon otros mas vigorosos vencerán al difícil camino. Les daremos el parabien,

quedándonos el consuelo de haber puesto de nuestra parte cuanto hayamos podido, no en conocimientos, de los que carecemos, sino una gran fuerza de voluntad y un vivo deseo de poder ser útiles al pais.

El orden que nos proponemos seguir en la presente memoria está fundado en considerar el tema divisible en dos partes bien diferentes, siendo una la accion de los fosfatos, y la otra los procedimientos mas económicos para utilizarlos en la produccion de los cereales.

Generalidades acerca de los vegetales.

Antes de entrar de lleno en la primera parte, nos permitiremos algunas lijeras generalidades acerca de los vegetales, las que al parecer no son de la cuestion, y por otro lado son conocidas de todos; no obstante, despues podremos sacar alguna aplicacion, fundada en lo que vamos á exponer, considerando al vegetal desde que tiene vida propia, ó sea desde que dan principio las alteraciones *físico-químicas*.

Los fenómenos químicos de la vegetacion pueden considerarse causados por los elementos que constituyen la atmósfera, por el agua, y por las sustancias que se encuentran en la tierra, en que la mayor parte de los vegetales están fijos.

La accion química de estos elementos presenta dos periodos bien diferentes, la germinacion, y la vegetacion propiamente dicha: en esta última se comprenden el desarrollo, crecimiento y multiplicacion de la especie.

Germinacion.

La germinacion tiene por objeto el desarrollo de la semilla, que está constituida del embrion, que contiene los gérmenes de la raiz y del tallo, y del cotiledon ó cotiledones. No es nuestro objeto entrar en la parte anatómica de su constitucion; y así, dejando á un lado esta descripcion, pasaremos con rapidez á considerar la germinacion bajo

el punto de vista químico, con objeto de ver cuáles son las principales sustancias orgánicas que mas frecuentemente la constituyen.

Por lo general, fuera de algunos principios que con ligeras escepciones se encuentran en determinadas semillas, se ven algunos que son comunes á todas, y á veces, se hallan reemplazados por otros análogos en sus propiedades; conteniendo la mayôr parte de los granos el almidon, goma, glucosa, gluten, legúmina (en las leguminosas), albúmina, grasas, esencias y sustancias minerales que dejan por la incineracion, las que están constituidas por lo general de sílice, cloruros alcalinos y térreos, como igualmente de sulfatos, carbonatos y fosfatos térreos; suponiendo que estas sustancias, que son indescomponibles, ó al menos que resisten á una temperatura elevada sin sufrir alteracion, se encuentran bajo esta forma en las semillas; no así los carbonatos que en las cenizas se observan, cuyo orijen es debido á la descomposicion de los ácidos orgánicos y diferentes sustancias de igual naturaleza que en ellas existian.

Sentados estos precedentes, y no siendo de ningun modo nuestro objeto ocuparnos de la germinacion sino accidentalmente, para sacar despues alguna aplicacion que venga en apoyo del tema que discutimos, solo diremos que en este acto físico-químico, en que el calor influye para poner en juego las acciones químicas, es el oxígeno del aire, segun los exactos experimentos de Saussure, el que, combinándose con el carbono de la semilla para convertirse en ácido carbónico, ocasiona todos los fenómenos subsiguientes.

Basta en efecto recordar los cuerpos antes citados, para deducir lo que el oxígeno podrá efectuar al combinarse con el carbono elevándose la temperatura: con solo fijar la atencion no nos estrañará ver los nuevos productos que se van formando segun el estado en que se encuentre la germinacion, ya se efectúe esta al aire libre en presencia de humedad, ya en agua que tenga aire, ya tambien en tierra. De todos modos, en estos primeros momentos de la vida del individuo vegetal que se empieza á desarrollar, es preciso considerar solamente el agua y el oxígeno como causas primordiales para hacer soluble al almidon por medio de la diastasa, que le trasforma en dextrina y en glucosa,

aunque en pequeña cantidad, así como la rápida accion que en estas circunstancias ejerce el oxígeno sobre los principios nitrogenados que hemos citado, para convertirlos en fermentos y dar orijen á la acidez que acompaña á toda germinacion, la cual nos citan algunos autores, si bien suponen ser debida á la presencia del ácido carbónico, lo que indica que no se han detenido lo suficiente para estudiar esta cuestion, porque de haberlo verificado se hubieran convencido, como nosotros lo estamos, que la acidez es bien manifiesta en la germinacion, y en algunas ocasiones se hace muy sensible al poco tiempo de poner las semillas en circunstancias convenientes para que lo efectuen. Es suficiente para ello introducir un papel de tornasol en un matraz en que se haya puesto trigo, cebada ó cualquiera otra semilla rociada con agua destilada, de manera que toda sea absorbida, y á medida que dá principio y continua avanzando la germinacion, se verá al papel pasar al color rojo. Si se saca, lava con agua destilada y se le deseca, se notará que la nueva coloracion no ha desaparecido. Esto mismo se hace mas perceptible poniendo en papel azul de tornasol un grano de los que germinan, y comprimiéndole entre dos placas de vidrio aparecerá el color rojo característico de los ácidos enérgicos, no variando por desecacion; lo que nos prueba que no deberá ser ácido carbónico el que ocasiona esta coloracion permanente, porque es sabido que la accion del calor le hace desaparecer. Qué ácido sea este no es facil demostrarlo por encontrarse en pequeñas cantidades; pero el raciocinio nos hace suponer con alguna probabilidad de acertar, que deberán ser los ácidos láctico y acético, que se forman en circunstancias análogas con las sustancias que constituyen las semillas. Este hecho, al parecer indiferente, le recordaremos mas adelante, y nos servirá para sacar alguna consecuencia.

Durante estos fenómenos químicos se efectuan tambien otros físicos muy perceptibles, entre ellos el desarrollo de la plúmula y el rejo, dando origen á lo que han de ser tallo y raiz, empezando entonces el segundo periodo.

De la vegetacion.

Los fenómenos que se observan en este periodo son el desarrollo de la raiz, cubriéndose las estremidades de fibras ó raicillas llamadas esponjiolas. Por la parte opuesta se ve aparecer el tallo, que elevándose por lo general verticalmente, va dando origen á las ramas, que se cubren de hojas, viéndose despues aparecer al cabo de cierto tiempo las flores con que la primavera engalana á las plantas, á las cuales sucede la fructificacion, fin y objeto de la vegetacion, en cuyo momento las plantas anuales han adquirido su mayor desarrollo, pesando en este caso mucho mas la sustancia organizada que la materia que constituia la semilla á la cual debe su origen.

Los árboles y demás plantas gigantescas nos dan un ejemplo palpable de esto, si bien puede suponerse que para ello influye el largo tiempo que emplean en desarrollarse. No sucede así con algunos vegetales anuales, como cierta especie de remolacha, que pesando su semilla 0^{gr},004, pesan la raiz y hojas 10 kilógramos, ó lo que es lo mismo, 2500 veces el peso de la semilla. Si fijamos un poco nuestra atencion en estos fenómenos, que pasan desapercibidos para la mayoría de las gentes, que no ven en ellos mas que una ley de la naturaleza, y nos ponemos al lado de los fisiólogos botánicos, no podremos menos de admitir que esta asimilacion tan abundante y rápida no tiene otro orijen que el agua, el aire y la tierra en que vegetan; y si bien los hechos prueban que hay algunas plantas que viven y se desarrollan completamente con solo la influencia de los dos primeros, ó lo que es igual, con el concurso de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, no es tampoco menos cierto que la generalidad no prevalecen en estas circunstancias: de aquí que sea indispensable la tierra en que están situadas; y de ello se deduce que han de sacar del terreno gran parte del alimento que necesitan para llegar al completo estado en que las vemos.

Sentados estos preliminares, indispensables en nuestra opinion para el desenvolvimiento del tema propuesto, pasaremos á dar principio

á la árdua tarea que nos proponemos desarrollar, empezando por la primera parte, ó sea

Influencia de los fosfatos térreos en la vejetacion.

Desde bien antiguo se conoce que los vegetales no viven bien, no vegetan ni llegan á su desarrollo, si no estan colocados en circunstancias normales á su existencia, y de aquí las prescripciones que nos indican autores de tanta nota y antigüedad como Columela, respecto á las circunstancias que han de tener los terrenos para tal ó cual especie vegetal. En ellos veremos en efecto que conocian ya, aunque de una manera imperfecta, la accion que las sustancias minerales ó inorgánicas tenian en vegetales determinados; pero estas reglas no pueden menos de adolecer del atraso en que se encontraban las ciencias experimentales en la época en que estos ingénios florecieron. Desde entonces se han venido repitiendo todas las prescripciones de una manera empírica, puede decirse, hasta que Saussure, Lavoissier y otros sábios no menos eminentes, empezaron á considerar á los seres organizados vegetales como sujetos á acciones dependientes de las afinidades químicas; y desde esta época se tienen nociones muy precisas acerca de algunos actos de la vida vegetal, por experimentos tan sencillos como exactos, así como de la composicion de las cenizas que dejan las plantas cuando se las incinera, operacion al parecer sencilla, pero que, no obstante, en la práctica presenta dificultades con las cuales tuvo que luchar Saussure, siguiéndose aún en el dia algunas de las advertencias que nos legó este químico, manifestando, á pesar de los medios imperfectos con que contaba, que en las cenizas se encontraba el ácido fosfórico. Desde esta época puede decirse que data el conocimiento de este ácido en la vegetacion; y desde entonces hasta nuestros dias, y á medida que los medios analíticos han adelantado, hemos visto á químicos tan célebres como Berthier, Berzelius y otros muchos continuar el trabajo iniciado por Saussure, y darnos á conocer la naturaleza de muchas cenizas hasta entonces desconocidas, y con lo cual la químí-

ca ha hecho dar á la agricultura un gran paso en el terreno de su inmediata aplicacion. Casi al mismo tiempo hemos visto tambien ocuparse de esta parte importante á Mr. Liebig, que considerando la cuestion bajo el doble punto de vista teórico y de aplicacion, nos ha iniciado muchas cuestiones de química agrícola, tomándose el trabajo de resolverlas por sí mismo con gran beneficio de la agricultura, y dándonos á conocer otras que hasta entonces solo estaban iniciadas y hoy conocemos su importancia, cual es la que nos ocupa.

Desde una decena de años á esta parte, muchos y respetables químicos y agrónomos se han ocupado en esta cuestion, si bien cada cual en su terreno; sus trabajos forman por decirlo así un cuerpo de doctrina, encontrándose, cuanto de ello se ha dicho y experimentado, esparcido en muchas obras y memorias particulares, la mayor parte de origen estrangero, y de cuya esposicion metódica nos vamos á ocupar, dando á conocer al mismo tiempo los obstáculos con que hemos tenido que luchar, y algunos vacíos que se han procurado satisfacer con los insignificantes trabajos efectuados por nosotros, para ver de resolver en parte la cuestion que nos sirve de tema; lo que, no obstante su sencillez, ofrece en nuestro pais, por circunstancias especiales, alguna dificultad.

Existencia de los fosfatos en las plantas.

Acabamos de ver, por la rápida ojeada que hemos dado, la marcha que ha venido siguiendo esta cuestion, y hallaremos aún cómo hasta el dia puede decirse que no se habia demostrado si los fosfatos hacian ó no parte de todos los vegetales.

Si consultamos los importantes trabajos de Saussure, encontraremos que de setenta y cinco plantas examinadas, vió que existia el ácido fosfórico al estado de fosfatos térreos en sesenta y cinco, de lo cual se deduciria inmediatamente que las diez restantes en las que este químico no lo reconoció, carecerian de él; lo que no debe estrañarnos, atendiendo á la época á que se refieren estos trabajos.

Mr. Garreau por su parte tambien nos da á conocer con mayor nú-

mero de experimentos, que el ácido fosfórico se encuentra en muchos vegetales.

Liebig, examinando gran cantidad de distintas cenizas, ha observado que en todas ellas se encontraba el ácido fosfórico unido á los álcalis y tierras; sirviendo á este químico el hecho enunciado, para deducir que en algunos vegetales era indispensable esta sustancia para su desarrollo.

No obstante estas pruebas, químicos y agrónomos de alguna nota han dudado de la existencia del ácido fosfórico en muchas plantas, fundados en que los experimentos se habian hecho en vegetales determinados, y ellos habian tratado de reconocerle en otros muchos, obteniendo un resultado negativo.

Hechos posteriores nos manifiestan lo contrario, como puede deducirse de los trabajos que con este objeto ha emprendido M. B. Corenwinder (1), haciéndonos ver que las plantas en su primera edad nos dan ya cenizas ricas en ácido fosfórico, y que los vegetales marinos que crecen en las rocas contienen fosfatos, no obstante no encontrarse en ellas, ni existir al parecer en el agua del mar.

Vemos por los hechos que anteceden, que nos espondríamos á la crítica si dedujéramos la afirmativa de la cuestion que nos ocupa: porque no basta la autoridad de los químicos mencionados para admitir, como no podemos menos de hacerlo, que si bien en muchas plantas se ha demostrado de una manera que no deja duda alguna, en otras no se han reconocido ni aun indicios.

En este estado de la cuestion, hemos emprendido una série de trabajos, para convencernos si el ácido fosfórico hacia, ó no, parte de la mayoría de los vegetales; y felizmente los resultados obtenidos han venido á desvanecer por completo las dudas que pudiéramos tener, por lo general mal fundadas, acerca de su existencia.

Con este objeto se han tomado gran número de plantas que hemos podido adquirir, y cuya enunciacion sería enojosa; se han some-

---

(1) Cosmos, t. 16, pág. 670.

tido á la análisis cualitativa, y los resultados no han podido ser mas satisfactorios y afirmativos.

Para ello se ha empezado por hacer germinar un número considerable de diferentes semillas colocadas en pequeños matraces de vidrio, convenientemente dispuestos para evitar la entrada de cuerpos estraños: habiéndolas rociado con agua destilada, se han dejado hasta que la germinacion estaba adelantada, y los tallos tenian una longitud de unos 2 centímetros; se han separado cuidadosamente algunos de los pequeños tallos de las diferentes semillas germinadas, los que han sido incinerados imperfectamente en cápsula de platino, y tratados despues por los reactivos han dado señales bien perceptibles de contener ácido fosfórico.

Haciendo la misma operacion con los otros tallos, cuando habian adquirido una longitud de 7 á 8 centímetros, lo hemos hecho tambien manifiesto.

Repetido esto, no ya con tallos procedentes de la germinacion, sino con los diferentes órganos de las plantas que nos han sido suministradas, se ha visto que en todas y en cada una de sus diferentes partes, tallo, raíces, hojas, semillas, etc., existia el ácido fosfórico en diferentes proporciones.

De la misma manera hemos tratado de poner de manifiesto si en las plantas acuáticas existia el referido ácido, habiendo tomado varias de ellas, como la lenteja de agua, ninfa blanca y el myriophyllum spicatum; y no obstante haberse desarrollado en sitio donde al parecer no debia existir el ácido fosfórico, los reactivos nos han dado á conocer que tambien le contenian.

Tratando de generalizar mas esta investigacion, se han repetido los mismos experimentos en plantas de las llamadas aéreas (1), las que en circunstancias idénticas que las anteriores, nos han indicado que el ácido fosfórico existe en cantidad muy notable.

Bien hubiéramos querido repetir lo mismo con mayor número de

---

(1) Tillandria polystachya.

plantas, pero basta lo hecho con las muchas sometidas al análisis; y por los resultados obtenidos, cualquiera podrá convencerse que la existencia del ácido fosfórico puede hacerse estensiva á todos los vegetales, puesto que las plantas marítimas, y entre ellas las algas, tambien lo contienen. Se nos preguntará cuál es entonces la duda que ha existido acerca de la presencia de este ácido en los vegetales, y cómo los sábios citados anteriormente, que han tratado de ponerle de manifiesto, no lo han conseguido. Quizá se crea que nuestra experimentacion haya sido hecha con mas escrupulosidad, lo que desde luego rechazamos, no pudiéndonos comparar en nada con los químicos célebres que han estudiado esta cuestion.

La duda que hasta el dia ha podido separar á algunos químicos, ha dependido de los diferentes medios que estos han empleado para su reconocimiento. Sabido es por desgracia, y esto es un axioma, que el químico no puede reconocer los cuerpos sino en tanto que estos existen en alguna cantidad, y dificilmente, salvo pocas escepciones, cuando están en cantidades mínimas; quedándole el recurso en este caso de operar sobre grandes masas, y de este modo puede muchas veces hacerse palpable, como tenemos un ejemplo con el ácido carbónico, el amoniaco y el ácido nítrico que existen en el aire; con la plata y otras varias sustancias que existen en dosis muy pequeñas en el agua del mar; pero si en vez de tener á su disposicion inmensas cantidades de estas primeras materias se encuentra limitado á operar sobre pequeñas porciones, en este caso solo puede reconocer los cuerpos que se encuentran en dosis no muy pequeñas, y se ocultan á su minucioso análisis los que no se hallan en estas proporciones.

Esto es precisamente lo que sucede al ácido fosfórico: allí donde existe en proporcion muy considerable, como en las cenizas de la mayor parte de los vegetales, se le encuentra muy facilmente, nadie pone en duda su existencia; pero si se pasa despues á examinar órganos en que solo se encuentre en pequeñas dosis, y no se tiene mucha planta ó cenizas de que disponer, entonces se escapa por decirlo así al análisis, y se sientan principios trascendentales que son, á su vez, base de elevadas teorías que un exámen mas detenido hace caer en el olvido.

Por el contrario, á medida que la ciencia adelanta, que el químico estudia reacciones especiales, de ellas saca partido para las investigaciones analíticas, y descubre reactivos poderosos, con los cuales difícilmente se le ocultan sustancias determinadas. En este caso se encuentran el hierro, el cobre y el azufre de los cuerpos inorgánicos, y el ácido úrico y otros varios que pudiéramos citar de los compuestos orgánicos, que con el sulfocianuro de potasio, el cianuro amarillo, el nitroprusiato de sosa, el ácido nítrico y amoniaco descubren á los anteriores en líquidos que solo contengan $\frac{1}{100000}$. Con reactivos tan sensibles no se puede dudar de la existencia de cuerpos que de otra manera no hubiera medio de hacer perceptibles.

Modernamente tenemos un ejemplo bien palpable con los recientes descubrimientos que tanto llaman la atencion como asunto de actualidad y de importancia, cual es la presencia en el aire, cenizas y en algunas aguas minerales no solo de los metales conocidos, sino de otros no descubiertos hasta el dia, como el cesio, el rubidio y talio, que la espectroscopia ha dado á conocer; lo que nos manifiesta perfectamente, que á medida que el químico posee medios de precisar ciertas reacciones, el análisis es mas perfecto.

El ácido fosfórico es uno de los compuestos que se encuentran en este caso; muchas son en efecto las reacciones que sirven para su reconocimiento, así como para su separacion, si bien para que ellas se efectuen se necesita que aquel esté en cantidad no muy pequeña, y de aquí las distintas opiniones citadas anteriormente; pero hoy estas desaparecen y pueden los químicos reconocerle á menor dósis que el hierro y el cobre. Este medio es conocido hace algunos años á consecuencia de los trabajos de Svanberg y Struve (1), que han hecho que el molibdato amónico sea un reactivo especial cualitativo para reconocer el ácido fosfórico, y del cual nos hemos servido en todas nuestras investigaciones.

Este reactivo, manejado convenientemente, nos dicen sus autores

---

(1) Gmelin, Handbuch der Chemie, II Band 504.

que sirve para reconocer al ácido fosfórico en cantidades muy pequeñas, pero no nos fijan el límite de su aplicacion ó sensibilidad. Hemos tratado de resolver esta cuestion para ulteriores aplicaciones, llegando á conseguirlo por diferentes ensayos directos, ya con fosfatos de composicion bien conocida (pirofosfato de magnesia), ya disolviendo cantidades conocidas de fósforo en ácido nítrico, y diluyendo convenientemente en cantidades tambien conocidas de agua hasta llegar á tener líquidos en que solo se hacia sensible. Nuestros experimentos nos han dado por resultado, que este reactivo puede muy bien emplearse para reconocer el ácido fosfórico á la dósis de 0,00002677, que representa 0,00001167 de fósforo.

En vista de estos hechos, nadie deberá estrañarse que el ácido fosfórico haga parte de todas las plantas, ni de encontrarle, como veremos despues, muy repartido en la naturaleza.

Una de las ventajas que nos han decidido á emplear este reactivo, aparte de su gran sensibilidad, ha sido la facilidad con que se puede reconocer el ácido fosfórico sin necesidad de incinerar completamente los vegetales, operacion difícil en gran número de casos. Es suficiente carbonizar la sustancia y triturarla despues, para poder usar el reactivo, ó bien sobre el agua que hayamos empleado para lavar el carbon obtenido, ó mejor sobre el líquido ácido suministrado por el tratamiento clorhídrico ó nítrico del mismo. La experiencia nos ha enseñado que es preferible emplear el clorhídrico y no el nítrico, porque tratándose de reconocerle en dósis muy pequeñas, no debemos esperar precipitacion, y sí solo coloracion, y sabido es que el ácido nítrico con el residuo carbonoso puede dar una coloracion que nos induciria á error; lo que no efectua el clorhídrico. En la mayor parte de los casos no se nota coloracion en el primer momento, y sí al cabo de algunas horas, ó bien por la ebullicion y enfriamiento. Cuando se encuentra á la dósis de 1 milésima, ya se ve aparecer un precipitado abundante que pronto va al fondo, y queda reducido á una pequeña porcion; de donde deduciremos facilmente que el ácido fosfórico, cuya presencia hacemos visible en las cenizas ó resíduos carbonizados por el método espuesto, puede proceder de existir en los vejetales al estado de fosfatos alcalinos y tér-

reos. En el primer estado solo hemos podido ponerle de manifiesto en los granos ó semillas bien triturados en mortero de ágata, y en el segundo tratando el resíduo anterior por el ácido clorhídrico en todas las partes de los vegetales; sacando por consecuencia que el estado normal del ácido fosfórico en las plantas es el de fosfatos insolubles, debiendo ser el de cal y magnesia cuyas bases se encuentran en casi todas las cenizas, si bien acompañadas algunas veces de óxido de hierro, el que tambien por su parte parece probable se halle unido al ácido fosfórico, no estando este sino accidentalmente en algunas cenizas. Podemos sentar por principio que el ácido fosfórico que hemos visto existe en los vejetales, está al estado de fosfato térreo, si bien en los granos se encuentra asociado además con los álcalis, que es lo que queríamos demostrar en el presente capítulo.

Cantidad de ácido fosfórico en los vegetales.

Habiendo hecho ver su presencia y estado, pasaremos ahora á manifestar en qué cantidad existe este cuerpo en los vegetales.

Muy bien desearíamos llenar esta parte de un modo análogo á lo hecho con las anteriores, pero desgraciadamente no lo podemos conseguir sino de una manera imperfecta, y solo con el objeto de dar una idea en general, para luego poder sacar consecuencias que tendrán una aplicacion directa.

Ciertamente que los químicos no se han detenido en esto lo suficiente, para darnos á conocer las cantidades de fosfatos ó de ácido fosfórico que existen en las cenizas de muchos seres vegetales, debiéndose esta imperfeccion á la necesidad de obtener una cantidad algo considerable de cenizas, para poder determinar pequeñas porciones de ácido fosfórico; no obstante, aun cuando este estudio no esté completo, para la mayoría de las plantas, se conoce bastante bien la cantidad que de él existe en diferentes cenizas de vegetales importantes por sus aplicaciones.

En efecto, dejamos sentado anteriormente que en todos los vegeta-

les existe el ácido fosfórico, en algunos solo vemos indicios, lo cual nos lleva á creer que su presencia deberá ser accidental, ó al menos que no ejerza sino un papel muy secundario en la vegetacion, si bien en cambio tenemos otros en que la cantidad es considerable y cuya presencia no puede mirarse como casual, sino indispensable para constituirlos, como sucede en las semillas, y de estos las de los cereales, que le contienen en dósis notable. Como ejemplo de los vegetales de la primera clase, podremos citar, entre otros muchos que se encuentran en el mismo caso, los tallos de las habas maduras, en que solo hay indicios de ácido fosfórico en sus cenizas, al paso que vemos en los renuevos de las remolachas hasta 12,74 por 100 de ácido fosfórico, y en las que proceden de las raices de las mismas plantas se encuentran 12,85 por 100. Los tallos jóvenes de los guisantes, dan cenizas que contienen 27,46 por 100, y los mismos despues de la madurez del fruto, dejan cenizas conteniendo 4,44 por 100 de ácido fosfórico. Las hojas de las habas dan cenizas con 25,62, y las de las plantas marinas, segun Mr. Godechens, de 1 á 4 por 100 de ácido fosfórico.

En las cenizas procedentes del polen de algunas flores se ha llegado á encontrar 1,45 por 100 del mismo ácido.

M. Saussure (1) nos da á conocer varias análisis de cenizas obtenidas por la incineracion de 39 vegetales, observando que estos en su mayor parte, solo dan 0,05 de cenizas por 100 de planta desecada, menos 3 en que se ve que contienen 0,1; si bien por este trabajo no podemos saber la cantidad de ácido fosfórico que contienen, por haberse concretado á su parte cualitativa, no satisfaciendo por lo tanto á la cuestion que nos ocupa. Mr. Berthier, á quien tanto debe la química analítica, ha hecho un detenido estudio de muchas cenizas obtenidas de vegetales, no limitándose á la parte cualitativa, sino estendiéndose á su composicion centesimal, y deduciendo que existe el ácido fosfórico desde 0,008 á 0,184.

Vemos por los trabajos espuestos, que las plantas contienen el áci-

---

(1) Recherches Chimiques.

do fosfórico en cantidades variables; pero por lo general en pequeñas dósis, esceptuando las semillas, y en particular las de los cereales, cuyas cenizas son mucho mas ricas en fosfatos, como puede verse facilmente por el cuadro primero adjunto, estractado de lo espuesto por Mr. Boussingault (1), en el que se halla la composición de cincuenta cenizas procedentes de diversos vegetales, siendo todos ellos, como puede notarse, de orígen estrangero.

---

(1) Economie Rurale, I. 94.

CUADRO PRIMERO.

Composicion de las cenizas de diferentes semillas.

Plantas que han dado las cenizas.	Acido fosfórico.	Cal.	Magnesia.	Potasa.	Sosa.	Acido cárbonico.	Acido sulfúrico.	Cloro.	Silice.	Oxidos de hierro y manganeso.	Carbon y pérdida.	Origen.	Autores que las han analizado.
1.ª Trigo.	47,0	2,9	15,9	29,5	indicios	»	1,0	indicios	1,3	»	2,4	Alsacia	Boussingault.
2.ª Id.	57,0	1,5	12,1	25,8	2,7	»	indicios	indicios	0,3	0,2	0,1	»	Petzhold.
3.ª Cebada.	38,5	2,1	8,3	13,3	6,5	»	0,2	»	26,7	1,0	3,4	Neufchatel	Kochlin.
4.ª Avena.	14,9	3,7	1,7	20,9	»	1,7	1,0	0,5	53,3	1,3	3,0	Alsacia	Boussingault.
5.ª Maiz.	50,1	1,3	17,0	30,8	»	»	indicios	indicios	0,8	indicios	»	Paris	Letellier.
6.ª Guisantes.	40,6	4,8	8,1	43,1	»	0,8	0,4	2,0	0,3	indicios	»	»	Rammelsberg.
7.ª Habas.	34,2	5,1	8,6	45,2	»	1,0	1,6	0,7	0,5	indicios	3,1	Alsacia	Boussingault.
8.ª Judías.	26,9	5,8	11,5	49,1	»	3,3	1,3	0,1	1,0	indicios	1,1	Id.	Idem.
9.ª Café.	12,3	9,0	10,0	50,4	»	15,3	1,2	0,1	1,1	»	»	»	Letellier.
10. Cacao.	29,6	11,1	17,0	33,4	»	1,0	4,5	1,1	3,3	»	»	»	Idem.
11. Mostaza negra.	35,5	16,5	13,6	12,1	5,5	»	6,8	0,2	2,6	1,1	5,0	»	James.
12. Lino.	40,1	26,0	0,2	25,9	1,3	»	1,0	1,3	0,9	3,7	»	»	Leuchtweiss.
13. Nueces.	35,6	20,9	7,7	27,4	»	2,9	2,3	0,9	1,2	0,7	0,8	»	Glasson.
14. Cáñamo.	35,0	21,7	1,0	21,7	0,7	»	0,1	0,5	14,0	0,8	»	»	Leuchtuneiss.
15. Adormideras.	37,8	28,1	4,3	0,8	4,5	17,7	2,0	indicios	4,8	»	»	Alsacia	Sacc.

Deseosos de poner ejemplos sacados de trabajos analíticos efectuados con cenizas de vegetales indígenos, hemos buscado en vano lo que creimos encontrar, no habiendo llegado á nuestra noticia que se hayan hecho trabajos de esta naturaleza y de utilidad para la agricultura.

En la necesidad de conocer la cantidad de ácido fosfórico que contienen nuestros cereales para ulteriores aplicaciones, y no teniendo medio de averiguarlo, nos hemos visto en la necesidad de emprender este pequeño trabajo determinando las cenizas de algunos cereales, y sintiendo no poder dar su composicion centesimal por no haberlo permitido el tiempo con que contábamos, limitándonos solo á conocer las cantidades de ácido fosfórico, cal y magnesia que contienen, por estar convencidos que estos compuestos son los que influyen de una manera notable en las propiedades de los cereales. objeto de la presente memoria.

La inspeccion del cuadro 2.° adjunto, nos dará una idea de lo que acabamos de esponer.

CUADRO SEGUNDO.

Cenizas de varios cereales.

Números.	Nombre de la semilla.	Origen.	Cenizas que contienen en 100 partes.	100 DE CENIZAS CONTIENEN.			100 DE GRANO TIENEN		
				Acido fosfórico.	Cal.	Magnesia.	Acido fosfórico.	Cal.	Magnesia.
1	Trigo chamorro.	Leganés.	1,623	42,261	3,17	25,050	0,685	0,059	0,407
2	Id. id.	Id.	1,763	41,131	3,11	23,058	0,738	0,054	0,406
3	Id. rubion.	Asturias.	1,969	41,894	2,29	17,211	0,824	0,046	0,336
4	Id. candeal.	Arévalo.	1,855	40,314	» (2)	»	0,747	»	»
5	Id. id.	Medina del Campo.	1,849	42,412	»	»	0,784	»	»
6	Id. rojo.	Paredes.	1,780	42,296	»	»	0,775	»	»
7	Id. candeal.	Salamanca.	1,838	42,194	»	»	0,775	»	»
8	Id. id.	Torrejon.	1,657	17,930	0,92	10,750	0,290	0,015	0,174
9	Id. id.	Leganés.	1,825	44,360	2,28	13,040	0,809	0,041	0,237
10	Arroz.	Manila.	2,618 (1)	35,891	1,26	17,995	0,939	0,034	0,471
11	Id.	Valencia.	1,198	33,203	1,27	10,216	0,398	0,152	0,422
12	Maiz.	Madrid.	2,741	42,236	1,63	13,429	0,148	0,044	0,355
13	Trigo chamorro.	Leganés.	1,258	42,717	2,76	22,636	0,531	0,034	0,234
14	Id. id.	Id.	1,312	43,024	3,03	24,58	0,560	0,039	0,32
15	Id. id.	Id.	1,297	41,116	3,09	25,33	0,558	0,039	0,34
16	Cebada.	Id.	1,300	41,148	1,40	7,28	0,534	0,018	0,094
17	Avena.	Id.	2,593	41,231	4,04	9,29	0,072	0,105	0,241
18	Centeno.	Id.	1,160	16,48	1,33	1,22	0,685	0,055	0,175
19	Trigo.	Badajoz.	2,018	26,36	2,53	21,29	0,531	0,051	0,429
20	Trigo 2.°	Salamanca.	2,550	38,39	1,37	10,15	0,468	0,035	0,258

(1) Los que han dado mas de un entero se ha repetido varias veces, para convencernos de que estas cifras son las verdaderas.

(2) No se han determinado, por tener muy poco grano disponible.

Conociendo ya los límites en que el ácido fosfórico se encuentra en las plantas, y habiendo demostrado cuál es su estado normal en las semillas, en que existe combinado con la cal, magnesia y potasa, veremos por los datos obtenidos la relacion en que se encuentra este ácido con la cal y magnesia, no habiéndolo hecho con la potasa, porque sabido es que la mayor parte de esta base se encuentra al estado de silicato.

El cuadro adjunto núm. 3.° nos podrá dar una idea de esta relacion.

CUADRO TERCERO.

Relacion en que están la cal, magnesia y ácido fosfórico en las cenizas de las semillas.

1.ª SERIE, ESPUESTAS EN EL CUADRO 1.°				2.ª SERIE, ESPUESTAS EN EL CUADRO 2.°			
Números.	Cal.	Magnesia.	Acido fosfórico.	Números.	Cal.	Magnesia.	Acido fosfórico.
1	1	5	16	1	1	8	14
2	1	8	38	2	1	7	13
3	1	4	18	3	1	7	18
4	1	0,4	4	4	1	»	»
5	1	13	38	5	1	»	»
6	1	2	8	6	1	»	»
7	1	1	6	7	1	»	»
8	1	2	4	8	1	6	11
9	1	1	1	9	1	5	19
10	1	1	2	10	1	14	28
11	1	0,8	2	11	1	8	17
12	1	0,007	1	12	1	8	26
13	1	0,3	1	13	1	8	15
14	1	0,04	1	14	1	8	14
15	1	0,16	1	15	1	8	13
				16	1	5	29
				17	1	2	10
				18	1	3	12
				19	1	8	10
				20	1	7	13

Segun estos resultados, podemos observar que en todos los cereales, tanto de la primera como de la segunda série, siempre existe mayor cantidad de magnesia que de cal, y mucha mayor de ácido fosfórico, escepto la avena de la primera série, donde la cantidad de cal es mayor que la de magnesia.

Si bien es fácil, como veremos, por medio de ánalisis calcular la cantidad de ácido fosfórico que hay en un peso dado de una planta ó parte de ella, no es lo mismo representar con cuánto de cada base se halla combinado. En efecto, como dejamos espuesto, se deberá admitir que se encuentra unido á las bases de cal, magnesia y potasa; y si partiendo de los datos suministrados por el análisis calculamos, por la magnesia primero y despues por la cal, las cantidades respectivas de ácido fosfórico que les correspondan para formar los fosfatos bibásicos, el resultado que se obtenga no nos resolverá la cuestion, puesto que en unas semillas sobrará ácido fosfórico y en otras faltará para saturar las bases encontradas.

Si para convencernos tomamos como ejemplo el número 2 de la primera série, cuadro 1.°, y en vista de la composicion queremos saber cómo se hallan los 57,0 de ácido fosfórico, y suponiéndole unido con todas las bases bajo la forma de sal bibásica, cuya fórmula será $2MO,PhO_5$, nos será fácil averiguarlo por medio de las siguientes proporciones.

1.ª $2\,(20) : 71 :: 12{,}1 : x = \dfrac{71\times12{,}1}{2\,(20)} = 21{,}47$ de ác. fosfórico.

(2 (20) equivalente de la magnesia. — 71 equiv. del ácido fosfórico. — 12,1 magnesia.)

2.ª $2\,(28) : 71 :: 1{,}5 : x = \dfrac{71\times1{,}5}{2\,(28)} = 1{,}90$ de ác. fosfórico.

(2 (28) equivalente de cal. — 71 equiv. del ácido fosfórico. — 1,5 magnesia.)

Si en vista de la sílice (1) que entra en su composicion calculamos la

(1) Considerada compuesta de SiO_2.

potasa con que estará combinada, y la diferencia se supone estar unida con el ácido fosfórico, lo hallaremos por la proporcion siguiente:

$$5.^{a}\quad \underset{\text{equivalente de potasa.}}{2\,(47{,}2)} : \underset{\text{equiv. del ácido fosfórico.}}{70} :: \underset{\text{esceso de potasa.}}{25{,}45} : x = \frac{71 \times 25{,}45}{2\,(47{,}2)} = 19{,}17 \text{ ac. fosfórico.}$$

Sumando todo el ácido fosfórico representa 42,49 el combinado con las bases magnesia, cal y potasa. La diferencia deberá estar combinado con el óxido de hierro y parte de las sustancias que constituian la pérdida experimentada.

Si se repite el mismo raciocinio con el n.° 1, se verá que resulta 53,05 de ácido fosfórico, no existiendo en las semillas mas que 47, lo que nos indica que parte de las bases estarán bajo forma de otra sal diferente.

En el primer caso se admite que el ácido fosfórico escedente se encuentra en los granos combinados con el amoniaco, no aparecciendo despues en las cenizas de este compuesto á consecuencia de su volatilidad, como daremos á conocer mas adelante.

Habiendo demostrado la cantidad de ácido fosfórico que existe en las semillas y en estado de combinacion con las bases, pasaremos á otra cuestion no menos importante, cual es:

Efectos de los fosfatos en la vegetacion.

La accion que los fosfatos producen en los vegetales, considerados por algunos agrónomos como alimentos llamados estimulantes, ha sido por espacio de algun tiempo objeto de contrarias opiniones, que procuraremos dar á conocer con todas las pruebas que haya en su favor, haciendo ver los experimentos en que se apoyan, así como su exámen crítico.

Desde que se tuvo conocimiento, por medio del análisis, de la composicion de las cenizas, no pudo menos de llamar la atencion de químicos y agrónomos la gran cantidad de ácido fosfórico y bases que se encuentran en las diferentes semillas, especialmente en las de los cereales, como tambien la relacion que entre sí tienen.

En un principio se creyó que esta diferencia de composicion de las cenizas dependia de los terrenos en que se desarrollaban los vegetales; pero cuando la química analítica ha dado á conocer que la cantidad de cal y de magnesia que en ellos existe se encuentra en muy distinta proporcion, siendo constantemente mayor la primera que la segunda de estas bases; cuando se ha demostrado que en muchos casos, hay para 100 de cal 1 ó 2 de magnesia, y se ha visto que en las cenizas, por el contrario, es la magnesia la que está en mayor cantidad (1); al ver estos hechos opuestos á la opinion admitida, naturalmente era preciso buscar otra esplicacion mas satisfactoria, y de aquí el origen de repetidos experimentos con que la ciencia se ha enriquecido.

Las circunstancias de encontrarse estas sales en los granos asociadas á sustancias muy ricas en nitrógeno (gluten), asi como el papel tan activo que los abonos nitrogenados parecen ejercer en la vegetacion, cuyo hecho es conocido desde muy antiguo, no podia menos de llamar la atencion de las personas dedicadas á estos trabajos, tratando de buscar primeramente sustancias que contuviesen en gran cantidad los elementos que se encuentran en las semillas; y de aquí puede decirse que data la época del empleo de los fosfatos como abono. Esta aplicacion constituye una nueva era, desde cuyo tiempo ha continuado hasta el dia empleándose mas ó menos científicamente para el cultivo de los vegetales.

La cuestion se limitaba en este caso á tener un compuesto de ácido fosfórico, de magnesia y de nitrógeno, cuerpos al parecer necesarios para el desarrollo, sobre todo de los granos ó semillas. A Mr. Boussingault cabe la gloria de haber iniciado esta cuestion (2), á la que tantos otros se han dedicado; él fue el primero que hizo uso del fosfato de magnesia y de amoniaco, sustancia que le pareció la mejor por reunir los elementos necesarios. Sus experimentos se efectuaron sobre maiz, y vió con sorpresa efectos que no podia esperar, habiendo tenido un aumento de 125 por 100 en la cosecha del grano, de 50 por 100 en la altura de los tallos y 100 por 100 en su diámetro. El mismo autor

---

(1) Cuadros 1.° y 2.°, págs. 24 y 26.
(2) Comptes-rendus, setiembre 1845.

declara haber hecho muchos experimentos anteriores, en pequeño y en grande, sobre la aplicacion de diversos abonos, pero hasta entonces nunca habia observado diferencias tan notables. Estos experimentos y sus resultados no pudieron menos de llamar la atencion y hacer que se repitieran, para asegurarse bien en el empleo de un abono que pudiera llamarse con algunos agrónomos *abono concentrado;* solo que habiendo sido hechos los experimentos de Mr. Boussingault con maices plantados en tiestos, era preciso repetirlos colocándose en situaciones mas normales, aproximándose lo mas posible á los cultivos en grande.

Uno de los químicos que continuaron esta clase de experimentos fue M. Y. Pierre, que en 1852 hizo su aplicacion en mayor escala, y obtuvo igualmente resultados favorables, que daremos á conocer.

En las tres séries de experimentos que emprendió este agrónomo procuró colocarse en circunstancias desfavorables con relacion á los resultados que esperaba tener, para de esta manera poder comparar mejor las ventajas que resultaban á favor del empleo del abono fosfatado de que iba á hacer uso. Con este objeto eligió para la primera série de experimentos un terreno sembrado de trigo en que la vegetacion parecia uniforme, dividiéndole en cuatro partes de á 25 metros cuadrados cada una (30 varas cuadradas) (1), numerándolos segun se indica en la figura adjunta, de tal suerte que la tercera division era prolongacion de la primera, y en el sentido de la labor de la tierra; la segunda, era la contígua y paralela á la primera. De las cuatro divisiones solo al núm. 1 se puso en los primeros dias de abril el abono fosfatado, siendo este el fosfato doble de magnesia y de amoniaco, en la

6 METROS 25.

1 fosfatado.	3
2	4

4.

(1) Haremos siempre uso del sistema métrico decimal, si bien pondremos sus equivalentes en el sistema antiguo, entendiendo por fanega de tierra la del marco real de 9216 varas cuadradas.

dósis de 750 granos ó sea 300 kilógramos (652 libras) por hectárea (una y media fanega), procurando mezclarlo bien con la tierra de la superficie, como asimismo remover esta en los demás números para que todo fuera igual; dejándolo despues hasta la época de la recoleccion en que se verificó la siega y se obtuvieron resultados que, calculados por hectárea, fueron: 3646 kilógramos (7913 libras) de paja y 1654 kilógramos (3594 libras) de grano para el n.° 1.

El núm. 2 dió 2927 kilógramos (6360 libras) de paja y 1475 kilógramos (3201 libras) de grano.

El núm. 3 dió 2764 kilógramos (6006 libras) de paja y 1456 kilógramos (3120 libras) de grano.

Segun se desprende de estos datos, vemos que la parte fosfatada dió mayor cantidad que los números 2 y 3, siendo mayor que el número 2 en 719 kilógramos (1666 libras) de paja y 181 kilógramos (393 libras) de grano, y que el número 3 en 882 kilógramos (1916 libras) de paja y 218 kilógramos (473 libras) de grano; notándose además que el número 2 dió mas que el 3 en 163 kilógramos (354 libras) de paja y 37 kilógramos (80 libras) de grano, siendo así que estos dos números no se habian fosfatado. La diferencia la esplica Mr. Pierre por la circunstancia de estar el número 2 en el límite de la tierra, y en esta siempre se acumulan mas abonos sobre todo cuando no hay linderos, como sucedia en el caso presente.

El resúmen que presentamos de la primera série de experimentos de Mr. Pierre, nos da á conocer desde luego á la simple vista los efectos que el fosfato doble podria reportar empleado como abono de los cereales; resta solo la cuestion económica en que no entramos por ahora, reservando el hacerlo con detencion en otra parte del presente trabajo.

Conociendo los efectos que el fosfato doble de magnesia y de amoniaco habia producido en la vegetacion á la dósis que acabamos de citar, emprendió Mr. Pierre la segunda série de experimentos para comprobar los felices resultados obtenidos anteriormente, y comparar con los que resultarian empleándola á distintas dosis. Al efecto eligió otra tierra sembrada de trigo, de la cual tomó un rectángulo, subdividién-

dole y marcando las porciones como en la figura adjunta.

Al hacer la eleccion, los números 3 y 4 parecian mas frondosos que los costados 1, 2, 5 y 6, en que estaba mas claro.

18 METROS.

2 150 kil. por hectárea.	4 nada.	6 300 kil. por hectárea.
300 kil. por hectárea. 1	nada. 3	150 kil. por hectárea. 5

8

En el número 1 se pusieron 750 gramos de fosfato, 300 kilógramos (652 libras) por hectárea, siendo la peor en la apariencia cuando se hizo esta operacion.

En el número 5, que al parecer prometia poco, pero era mejor que el 1, se puso á razon de 150 kilógramos (326 libras) por hectárea.

El número 2 era peor que el 3 y el 4, pero mejor que el 1, poniendo á razon de 150 kilógramos (326 libras) por hectárea; y por fin, al número 6 se adicionaron 300 kilógramos de fosfato, no poniendo nada al número 3 y 4, por ser los mejores. Preparada ya la tierra, y habiendo continuado despues todas las operaciones indispensables, las procuraron efectuar todos en un mismo dia, incluso la siega. Se observó durante su crecimiento que el trigo no se inclinó, sin embargo que las espigas eran grandes y pesadas. Llegada la época de la recoleccion, esta dió para las distintas divisiones los resultados siguientes, calculados por hectárea.

NUMEROS.	PAJA EN KILOGRAMOS.	GRANO EN LITROS.
1	5897	2905
2	5980	3000
3	7005	2597
4	5224	2976
5	7184	3216
6	6090	3110

Vemos por estos resultados que las partes fosfatadas tienen entre si diferencias, unas positivas y otras negativas, que representadas por el respectivo signo se espresarán:

		Paja.	Grano.	Fosfato empleado.
El 1.°	Comparado con el 3.°.	—1106—	—494	—300 kilog.s por hect.a
	Id. con el 4.°.....	+ 673	— 73	
El 2.°	Id. con el 3.°.....	—1023	—397	—150 kilog.s por hect.a
	Id. con el 4.°.....	+ 756	+ 24	
El 3.°	Id. con el 3.°.....	+ 181	—181	—150 kilog.s por hect.a
	Id. con el 4.°.....	+1960	+240	
El 6.°	Id. con el 3.°.....	— 913	—287	—300 kilog.s por hect.a
	Id. con el 4.°.....	+ 866	+866	

La inspeccion de este cuadro nos hace ver que escepto el número 5, que tiene un pequeño esceso de (181) de paja, todas las demás partes

que se han abonado, comparadas con el número 3, son inferiores con mucho en produccion de paja y en grano, y que la dósis en que se ha puesto el abono no ha sido bastante para elevar la cosecha de las otras 5 partes al nivel del producto del número 3, al que no se puso fosfato.

Este hecho le esplica Mr. Pierre suponiendo que la parte de tierra en que desde luego se advirtió mas lozanía, habria servido quizá algun tiempo de depósito de un monton de abono, cuya accion se hacia aún sentir de un modo bien notable.

Los resultados aparentes de estos experimentos, que empezaron y terminaron el mismo dia, no son los mismos, puesto que con relacion al producto, la primera série ofrece un aumento de 8 por 100 en peso para el grano y un 32 por 100 para la paja. Esto parece esplicarse, segun Mr. Pierre, por la circunstancia ya espresada, de que el trigo de la primera série estaba muy bien en su desarrollo, siendo muy igual cuando se puso el fosfato, y por tanto es, en concepto del mismo, lo que nos debe servir de base para el efecto del fosfato.

La segunda série da resultados que son menos ventajosos. El número 3, al que no se puso abono, produjo mas paja y grano que el primero, que tenia 300 kilógramos por hectárea; recordando no obstante que aquel desde luego era el mejor, sobre todo que el 1.°, el que, como queda indicado, era el que presentaba peor aspecto, y ha dado mas grano que el 5.°, que tenia 150 kilógramos. El 2.° y el 6.°, por el contrario, dieron de paja y grano un esceso de producto comparado con el número 4, sin embargo que este parecia mejor que ellos cuando se puso el fosfato. Así que, dejando el número 3, cuya superioridad se ha supuesto cuál puede ser la causa, nos fijamos como término de comparacion en el número 4, que al principio era superior á los demás que recibieron abonos, y vemos sin embargo que estos son superiores en sus productos.

De los hechos anunciados deduce Mr. Pierre, que en las dos séries de experimentos, el fosfato ha ejercido en las cosechas una influencia real y favorable, un efecto notable, y que los trigos cosechados procedentes de estas partes abonadas, pesan mas en igual volúmen que el producido por las que no tienen fosfato, como puede verse por el estado adjunto:

1.ª série.	1.º.	77k,1 el hectólitro.	93 libras la fanega.		
	2.º.	76,0 el id.	91,6 Diferencia media en favor del fosfato.		
	3.º.	76,1 el id.	91,6	=1k,05 á 1,4 por 100	
2.ª série.	1.º.	75,5 el id.	91		
	2.º.	75,5 el id.	91	esceso medio.	1..... 1,8
	3.º.	74,0 el id.	89		2..... 1,8
	4.º.	74,4 el id.	89,74		3..... 3,0
	5.º.	76,4 el id.	92		6..... 2,4
	6.º.	76,0 el id.	91,6		

De todos los trigos obtenidos notamos que el procedente del número 3 solo pesa 74 kilógramos, siendo el menos pesado, no obstante haber sido el de mayor producto. Se habia ya advertido en otros ensayos anteriores, que los trigos abonados con fosfato eran mas pesados, habiendo hecho el experimento con el trigo de marzo ó trimesino; notándose tambien que en este caso el fosfato produjo mas grano con relacion á la paja, diferente de lo que ha resultado en las dos séries de experimentos efectuados, lo que prueba que esta relacion no puede ser tan absoluta como lo es el aumento de peso del grano que ha sido fosfatado.

Con el deseo de fijar bien una cuestion tan trascendental, Mr. Pierre hizo una tercera série de ensayos en otra clase de terreno, y en otras circunstancias distintas que las anteriormente espuestas.

Para ello eligió una estension de 16 metros cuadrados, que dividió en cuatro partes iguales de á 4 metros cuadrados, como la figura adjunta, poniendo al núm. 1, 100 gramos de fosfato doble, que representa 250 kilógramos por hectárea, y al núm. 2, 200 gramos que son 500 kilógramos por hectárea. A los números 3 y 4 no puso nada.

4 METROS.

3	1 250 kilógramos por hectárea.
2 500 kilógramos por hectárea.	4

4 METROS.

Repartido por igual el fosfato procuró introducirle al mismo tiem-

po que se estendió, y para evitar el que la siembra de partes tan pequeñas ofreciera dificultad á la de toda la heredad, se sembró por igual, como si no se hubiere puesto nada en la parte elegida.

Llegada la época del desarrollo y antes de la florescencia las partes de los números 1 y 2 se diferenciaban perfectamente de las demás.

Cuando la recoleccion, se vió que los tallos de las partes fosfatadas eran dobles en altura que los otros, y de mayor diámetro.

Hecha la siega y pesado el producto, dió el siguiente resultado.

Número 1.° paja y grano..... 6250 kilógramos por hectárea.
2.°..... 1000
3.°..... 1875
4.°..... 2500

El peso del trigo producido por los números 1 y 2 daba, término medio, 1813 kilógramos por hectárea, y el producto medio del 3 y 4 es igual á 237,5 kilógramos, cantidad bien pequeña si se tiene en cuenta la semilla empleada. Se advirtió que el grano recolectado en las partes no abonadas era de peor calidad, así como en los números 3 y 4, las partes contiguas fosfatadas parecian un poco mejor, debido esto sin duda á la influencia del fosfato de los números inmediatos, que al pasar el arado debió mezclarse algo, lo cual habia influido tambien, aunque en pequeña cantidad, para obtener mayor producto de las partes no fosfatadas.

Los 1813 kilógramos de grano por hectárea como término medio no son ni producto del *uno* ni del *dos*, sino despues de vista la cosecha, espresando aproximadamente el rendimiento de una parte del mismo terreno, á la cual se hubiera dado el fosfato de 350 á 400 kilógramos por hectárea. El término medio de la cosecha de paja da 6312 kilógramos por hectárea, y para la que no habia tenido fosfato es de 237,5 kilógramos de grano, y 1950 kilógramos de paja por hectárea. De donde deducimos, que el esceso medio de la cosecha, debido al fosfato, para una hectárea, será 1576 kilógramos de grano, cerca de un 664 por 100, y 4362, ó sea 224 por 100, para la de paja.

Vemos por estas cifras que el aumento, tanto de paja como de grano, ha sido considerable, sobre todo para este último, debido á los efectos que ha producido el fosfato.

Solo nos resta, en vista de los brillantes resultados suministrados por este escelente abono, ocuparnos de la parte económica para ver si los gastos que ocasiona se compensan con la diferencia en productos: pero esto, que Mr. Pierre hace con datos de su pais y deduce que puede ofrecer gran utilidad su empleo, nosotros lo haremos con los del nuestro cuando nos ocupemos de la segunda parte del tema propuesto. Solo ha sido nuestro objeto el consignar aquí los efectos del fosfato doble de magnesia y de amoniaco en la vegetacion.

Los resultados que nos suministran los experimentos espresados, se pueden resumir diciendo: 1.° que el fosfato doble empleado en la proporcion de 150 kilógramos á 300 por hectárea, ha ejercido en la produccion de trigo una accion muy notable; 2.° que en iguales circunstancias, su accion es mas enérgica en las tierras que empiezan á cansarse de los cereales; 3.° que uno de los efectos constantes del fosfato sobre los cereales es el acrecentamiento sensible del trigo en su peso específico; y por último, que empleado en el trigo morisco ordinario, en la proporcion de 250 á 500 kilógramos por hectárea, en tierra mediana ha producido diferencias notables, es decir, 6 veces mas para el grano y 3 veces mas para la paja.

Viendo por los experimentos de Mr. Pierre los efectos tan marcados que produce el fosfato doble de magnesia y de amoniaco en el desarrollo de los cereales, pareceria desde luego resuelta la cuestion en su favor, y solo nos quedaria por conocer la cuestion económica: pero si fijamos nuestra atencion en la manera con que han sido hechos los ensayos, y al mismo tiempo en las diferencias notables que nos presenta la primera serie, en la época que ofrece la segunda y aun la tercera, no puede darse como completa, en atencion á que parte de la tierra abonada se mezcló con la que no debia estarlo, y por otro lado, habiendo reunido en la tercera série el grano de las dos partes abonadas, no puede calcularse lo que haya correspondido á cada una, teniendo cantidades tan diferentes de abono. Por la misma razon no nos servirán estos datos para la parte económica, no debiendo tomar esos ensayos como base para deducir, ni aun aproximadamente, los verdaderos efectos.

En vista de ello nos ha parecido conveniente dar á conocer estos

experimentos, con el objeto de que los agricultores inteligentes intenten repetirlos, si bien de un modo mas concreto y decisivo, para poderse acercar aún mas al verdadero resultado.

Con este objeto hemos emprendido una série de experimentos, en los cuales hemos recogido mas datos que los suministrados por las anteriores experiencias, y que estan mas á cubierto de algunas observaciones que á aquellos se pudieran hacer, habiendo procurado evitar todas las causas de error. Dimos principio á nuestros experimentos en primeros de abril del año anterior (1), efectuándolos sobre una tierra á las inmediaciones de la Corte, la cual pertenece á las llamadas de segunda clase, que hacia varios años se venia sembrando de cebada para forrage, y que en la estacion á que nos referimos, se hallaba sembrada de trigo llamado chamorro, en la proporcion de fanega del primero por fanega de tierra (86 hectólitros por hectárea). El aspecto que ofrecia en aquella época era escelente, prometiendo dar una buena recoleccion. En este estado se eligió para nuestros experimentos un rectángulo de 12 metros de largo por 4 de ancho, en terreno que tenia un ligero desnivel, y tomando el lado mayor en direccion perpendicular á los surcos, se colocaron 4 piquetes en los 4 ángulos, y se dividieron los lados mayores en 3 partes iguales, para tener espacios de á 16 metros cuadrados, numerados 1.°, 2.° y 3.° como la figura adjunta,

	4 METROS.	4 METROS.	4 METROS.	
4 METROS.	2.° 500 gramos fosfato de magnesia. 312 kilógramos por hectárea.	1.° nada.	3.° 500 gramos fosfato de amoniaco. 312 kilógramos por hectárea.	4 METROS.

procurando elevar un poco la tierra en las líneas de separacion para evitar influyesen mutuamente los abonos que debíamos poner. Estos 48 me-

(1) 1861

tros cuadrados estaban en el centro de la heredad, en que todo parecia homogéneo. Se eligieron los espacios 2.° y 3.° para los experimentos, y siendo nuestro objeto el ver la influencia que ejercian los fosfatos térreos, nos pareció deber compararla con la que podrian ejercer los alcalinos, y de este modo presentar un cuadro comparativo, en el que se viesen desde luego las diferencias que se debian á cada uno por razon de la distinta solubilidad. Así, pues, elegimos el fosfato de amoniaco como soluble y el fosfato de magnesia como insoluble, poniendo en el mismo dia en el número 2.° 500 gramos de fosfato de magnesia mezclado con 20 litros de agua de pozo, ó sea á razon de 512 kilógramos por hectárea, agitando bien y regando de tal suerte, que quedase repartido con igualdad por toda la superficie. Otros 500 gramos de fosfato de amoniaco disueltos en 20 litros de la misma agua, se emplearon en regar el número 3.° dejando el número 1.°, ó el espacio medio, sin abonar para poder comparar mejor los resultados, con el que nos ofreciese el resto de la tierra; y para que las circunstancias fueran idénticas, se regó con 20 litros de la misma agua de pozo.

En esta situacion se dejó abandonada á las influencias atmosféricas, y habiendo llovido algunos dias del mes de abril, al fin de este ya se notaba alguna diferencia, que se hizo mas clara á principios de mayo, advirtiéndose mayor verdor en los cuadros fosfatados, y mas altura con relacion al del medio y restantes, como igualmente un poco mas alto el del número 3 y el del 2. Continuó desarrollándose progresivamente, y en fin del mismo mes las diferencias eran mas visibles, de tal modo, que personas que no tenian conocimiento del abono empleado, distinguieron muy bien los espacios *dos* y *tres* por su mayor altura, si bien siempre el del número 3 tenia mas elevacion que el del número 2. Llegada la época de la florescencia, esta era mas abundante en las partes fosfatadas; y cuando llegó la época de la fructificacion, se veian las espigas de las partes abonadas mayores que las demás, y la altura de las cañas en el número 2 era de 1 metro 15 centímetros, la del 3.° de 1 metro 23 centímetros y la del 1.° como lo restante de 96 centímetros término medio. Su diámetro era sensiblemente igual para todos, y no se notaban las diferencias señaladas por Mr. Pierre. Se efectuó la

siega lo mas bajo posible para poder apreciar toda la paja, y se recojió con la mayor escrupulosidad, y por separado, lo perteneciente á cada número, pesando cada porcion, sacando el grano que despues de limpio se pesó tambien, y por diferencia se vió la paja. Contáronse las espigas de cada espacio, se vió el número de granos por término medio, se halló el peso de un volúmen conocido, como igualmente su peso específico, y con estos datos pudimos formar el cuadro adjunto número 4.

CUADRO CUARTO.

Resultados obtenidos para 16 *metros cuadrados.*

Números.	Peso total.	Peso de la paja.	Peso del grano.	Espigas.	Granos de una espiga.	Número de granos.	Peso específico.	Peso del litro.
1	6,931	4,723	2,208	3,784	26	98,384	1,272	0^{k},7671
2	8,219	5,762	2,457	4,211	26	109,486	1,306	0 ,7942
3	8,554	6,022	2,532	4,280	26	111,284	1,287	0 ,8057

CUADRO QUINTO.

Calculado por hectárea.

Números.	Peso total.	Peso de la paja.	Peso del grano.	Peso específico.	Peso del hectólitro.	Peso de la fanega.
1	4,344^{k}	2,964^{k}	1,380^{k}	1,272	76^{k},71	92^{l}
2	5,136	3,601	1,535	1,306	79 ,42	95
3	5,346	3,764	1,582	1,287	80 ,57	97

La inspeccion de estos cuadros nos da á conocer, que tanto el número 2 como el 3, que tuvieron fosfatos, dieron mas paja y grano que el número 1, en el que nada se puso. El número de espigas de ambos fué mayor, si bien en pequeño esceso, dependiendo el aumento de peso del grano en el mayor tamaño de este, que en efecto era mas grueso y de mayor peso específico. En vista de lo que antecede, fácil sería conocer el efecto producido por los fosfatos empleados, observando que los resultados son mas favorables usando el de amoniaco, debido sin duda no solo á su solubilidad y mas fácil absorcion, sino tambien en gran parte al nitrógeno que contiene, y que sabemos influye de una manera muy directa y manifiesta en el desarrollo de los vegetales. Veamos por lo tanto el esceso que ha producido cada uno de ellos respectivamente. Se encuentra que el 2.° y 3.° han producido mayor cantidad de paja y grano que el primero, siendo

2.°+657 kilógramos.....+155 kilógramos,
3.°+800.....+202 kilógramos,

notándose al mismo tiempo que la parte abonada con el fosfato de amoniaco lleva un esceso á la que lo fué con el fosfato de magnesia, de 165 kilógramos de paja y 47 kilógramos de grano.

En vista de los datos anteriores podemos deducir la consecuencia, de que si bien el fosfato de amoniaco produce efectos muy manifiestos en el desarrollo del trigo, el fosfato de magnesia por su parte contribuye tambien al mismo objeto en un 27 por 100 para la paja y 11 por 100 para el grano. No debemos tampoco olvidar que el mejor aspecto de los granos que han sido fosfatados, los hará de mas facil espendicion; circunstancia digna de tenerse en cuenta.

Los experimentos que acabamos de esponer han sido efectuados con el deseo, no solo de conocer, como hemos dicho, la produccion relativa, sino de estudiar la cuestion bajo el punto de vista químico, tratando de fijar las diferencias que debian existir entre los principales factores que constituyen los granos, al parecer algun tanto diferentes. Sabida es la importancia que se da al nitrógeno por el papel fisiológico que está llamado á desempeñar como alimento, y de la misma manera los fosfatos

térreos, indispensables para crear y reparar órganos tan necesarios como los que constituyen el esqueleto de los animales.

Existiendo estas sustancias asociadas en los cereales, de aquí se infiere la utilidad que puede reportar el conocimiento de las cantidades relativas en que se encuentran, especialmente en los trigos. Esto ha hecho que hayamos sometido al ánalisis los tres productos obtenidos en los experimentos anteriores, determinando el nitrógeno, el ácido fosfórico, la cal y la magnesia, no habiéndolo efectuado de las demás sustancias que las constituyen, por ser de un orden secundario bajo el punto de vista del trabajo que nos ocupa.

Los resultados que nos ha suministrado el análisis son los que á continuacion se exponen.

CUADRO SEXTO.

Composicion de trigos abonados con fosfato.

Números.	Nitrógeno.	Acido fosfórico.	Cal.	Magnesia.	Cenizas.
1	3,254	42,236	2,76	22,636	1,252
2	3,361	42,714	3,03	24,580	1,312
3	3,701	43,024	3,09	25,33	1,297

Si se compara la composicion química que nos manifiesta el cuadro anterior con relacion al número 1, que no fué abonado con fosfato, vemos que la cantidad de nitrógeno está sensiblemente aumentada en los números 2 y 3, siendo la de este mayor tambien que la del anterior. El ácido fosfórico relativo es igualmente algo mayor en el 2.° y 3.° que en el 1.°, si bien entre ellos apenas existe diferencia; la cal y magnesia tambien nos presentan algunas divergencias, observándose que en el 2.°,

al que se adicionó el fosfato de magnesia, no se encuentra, como parece debiera suceder, esta base en mayor cantidad sensible con relacion á los otros dos; de la misma manera en las cenizas vemos que hay tambien ligeras diferencias, siendo el 2.° el que contiene algo mas de sustancias fijas, si bien los que han sido fosfatados dejan mas que el 1.°

Comparados estos resultados del ánalisis con el aspecto que nos presentaban los granos, ya dijimos que el 2.° y 3.° estaban mas desarrollados, coincidiendo con lo observado tambien por los que nos han precedido, viendo ahora que está en relacion con las cenizas que dejan, y en el 3.° con la mayor cantidad de nitrógeno que contiene.

En atencion á estos resultados debemos advertir, que las diferencias tanto de composicion como de caracteres esteriores que en estos granos se observan, deben tener por causa el abono que hemos empleado, sin cuya admision no se pueden esplicar aquellas; así como su produccion, habiendo sido cultivados en un mismo terreno y en un espacio poco estenso, que desde el principio presentaba una vegetacion homogénea.

Teniendo en consideracion todo lo espuesto, haremos un resúmen de nuestro trabajo, estableciendo que:

1.° El fosfato de amoniaco empleado en la dósis de 312 kilógramos por hectárea (440 libras por fanega), puede dar un aumento de producto de 27 por 100 de paja y 14 por 100 de grano, comparado con el obtenido sin la adicion de este abono.

2.° El fosfato de magnesia á la dósis de 312 kilógramos por hectárea (440 libras por fanega), puede aumentar el producto en un 21 por 100 de paja y 11 por 100 de grano.

3.° El empleo de los fosfatos como abono hace que el grano presente mas volúmen y aumento en su peso específico.

4.° La cantidad de ácido fosfórico que entra en la constitucion de los trigos es mayor si han sido abonados con fosfatos.

5.° Las cantidades de cal y magnesia sufren poca variacion empleando ambos fosfatos como abono; no obstante, hay una pequeña diferencia en la magnesia á favor del número 3.°, al que no se habia adicionado nada.

6.° El empleo de los fosfatos hace que aumenten las sustancias fijas, y por tanto que dejen mayor cantidad de cenizas.

7.° Estos abonos contribuyen mucho al desarrollo de las cañas, y de aquí que haya un aumento en la produccion de paja.

Solo nos resta advertir, que hemos dado la preferencia á estos dos fosfatos sobre los demás: 1.° porque empleando el fosfato de amoniaco, que es soluble, vemos si en efecto es mejor asimilado; no obstante, debemos suponer, como no podemos menos, que al ponerlo en contacto con los carbonatos calcáreos que existen en las tierras deberá una parte de este compuesto pasar al estado de carbonato amónico y fosfato de cal en virtud de dos causas bien conocidas, siendo una de ellas la menor solubilidad del fosfato de cal con relacion al carbonato cálcico, y por otra la tendencia á formar carbonato de amoniaco, que, como sabemos, es soluble y volatil, efectuándose por lo tanto una doble descomposicion que se puede esplicar por la ecuacion siguiente:

$$2\,NH_3\,HO;\,PhO_5 + 2\,(Ca,O\,CO_2) = 2\,(CaO),\,PhO_5 + 2\,(NH_3HO,CO_2)$$

fosfato de amoniaco. carbonato de cal. fosfato de cal. carbonato de amoniaco.

Efectuando en pequeño un ensayo de esta naturaleza, se observa que la reaccion se verifica con lentitud y con dificultad, lo que nos esplica perfectamente la mayor asimilacion del ácido fosfórico cuando se pone en este estado, quedando siempre un esceso sin descomponerse á disposicion del vegetal que le asimila, y nos da en el ánalisis mayor cantidad de nitrógeno.

2.° Se ha elegido el fosfato de magnesia con preferencia al de cal, porque segun queda dicho esta base existe ya en las tierras, y en el caso presente en gran cantidad, mientras que contenia muy poca magnesia.

Poniendo este fosfato, fácil es conocer que cierta porcion del sulfato de cal que existe muchas veces, y en bastante cantidad en el presente caso, siendo algo soluble en presencia del fosfato de magnesia, habrá de formar fosfato de cal y sulfato de magnesia en virtud de la ecuacion

$$2\,MgO\,PhO_5 + 2\,(CaO\,SO_3) = 2\,(MgO,SO_3) + 2\,CaO,\,PhO_5$$

fosfato de magnesia. sulfato de cal. sulfato de magnesia. fosfato de cal.

siendo la primera sal soluble é insoluble la segunda, lo que equivale á la adicion de esta sustancia y á la de una sal de magnesia soluble, necesaria en este caso en que la tierra no era muy arcillosa.

No entramos en este sitio á ocuparnos de la cuestion económica, porque de ella tendremos ocasion de hablar mas adelante. Solo nos queda el sentimiento de no haber podido efectuar los experimentos en mayor escala, como hubiéramos deseado, por causas agenas de este lugar; como tambien haberlos hecho estensivos á los demás cereales, compensándose esta falta con los experimentos que agrónomos entendidos efectuan contínuamente empleándolos en grandes terrenos, y cuyos resultados vienen en apoyo de los favorables efectos que su uso reporta á la agricultura. Facilmente nos podremos convencer de ello consultando las diferentes memorias que se han escrito con este objeto; y no nos sorprenderá el ver que en esta parte, como no podia menos, la práctica ha venido á comprobar lo que la teoría indicaba. Los experimentos hechos en Inglaterra desde hace 18 años, que se vienen empleando estos fosfatos bajo las distintas formas en que se nos presentan, nos dan á conocer los grandes beneficios que su uso les ha proporcionado. En el vecino Imperio vemos, segun las comunicaciones de Mr. Molon (1), que los fosfatos naturales se emplean desde 1856 para efectuar ensayos en grande escala, desde cuya época se aplican en cantidades considerables, por estar convencidos de los buenos efectos que han producido, aplicándolos no solo al cultivo de los cereales sino tambien al de la colza, hortaliza y forrajes, comprobándolo con el aserto de muchos agricultores que los han aplicado, y con el hecho de haberse consumido en un solo año la considerable cantidad de 2.250.000 kilógramos (48.905 quintales) de fosfatos naturales, que han sido entregados á los agrónomos bajo diferentes estados.

Tambien en nuestro pais algunos agricultores han tratado de emplear estos abonos obteniendo buenos resultados, pero no poseemos datos estadísticos de esta parte de los ensayos que en grande se hayan efectuado.

---

(1) Comptes rendus, tom. 46, pág. 233.

No solo los fosfatos naturales citados por Mr. Molon se emplean en grandes cantidades como abono, sino tambien todas aquellas sustancias que, como los huesos en sus diferentes estados de naturales, desengrasados, carbonizados, incinerados, etc., tienen mas ó menos cantidad de fosfatos térreos, vienen aplicándose para la agricultura en mayor ó menor cantidad, segun las localidades, convencidos de la utilidad que reportan.

Concretándonos á la cuestion que habíamos tratado de resolver en el presente capítulo, no nos es posible por ahora, sin traspasar sus límites, entrar en otras consideraciones, reservándonos el hacerlo con alguna estension mas adelante, y habiéndonos limitado á probar con hechos, como nos propusimos, los efectos ventajosos de los fosfatos térreos sobre la vegetacion, y en particular sobre los cereales.

No obstante lo espuesto, y segun indicamos anteriormente, no falta quien duda, si bien no se atreve á negar, la eficacia de los fosfatos en la vegetacion, limitándose solo al empleo de determinados fosfatos, lo que nos dice Mr. Correnwinder (1): «que si los fosfatos de los huesos, del negro animal y los naturales, ejercen en circunstancias, y en ciertas localidades, *efectos poderosos en la vegetacion*, hay casos en que *su poder fertilizante es nulo.*» Esto sucede cuando á una tierra se le han dado ya fosfatos por medio de los demás abonos, siendo inutil añadir mayor cantidad, porque el esceso no produce efecto en la vegetacion; y mas adelante añade «que sin querer negar la utilidad de los fosfatos minerales, no hay que dejarse llevar por las promesas de los que los preconizan.» Por otra parte Mr. Barral limita su opinion á la diferente accion que pueden ejercer los fosfatos segun sean minerales ó procedan de huesos; y sus trabajos solo han tenido por objeto combatir la opinion de que en los primeros se hallaban los fosfatos en un estado mas soluble que en el negro animal, pero sin dejar de conocer la utilidad de ambos en la vegetacion. Deduciremos de lo espuesto, que la generalidad de los químicos están conformes, y admiten que los fosfatos obran de un modo favorable: si hay alguna divergencia de opiniones es mas bien, como acabamos de ver, sobre cuál de entre ellos debemos elegir, y en qué cir-

(1) Cosmos, pág. 1777, 1860.

cunstancias; pero sin negar nunca la utilidad de su empleo, porque indudablemente, estando limitada su asimilacion, de nada sirve que pongamos un esceso de este abono en tierras que tengan lo suficiente para sus cosechas. Por este medio no conseguiremos sino tenerlo de reserva para recolecciones posteriores. Solo el análisis prévio de una tierra, como se hará ver, es el que nos debe guiar para decidirnos á abonarla con fosfatos, y entre estos, cuál deberá merecer la preferencia.

Origen de los fosfatos.

Hemos visto, por lo dicho anteriormente, que en todos los vegetales existe el ácido fosfórico, el estado en que este se encuentra y la proporcion en que entra en cualquiera planta, cuyas cenizas han sido analizadas. Tambien se han dado á conocer los marcados efectos que los fosfatos producen en la vegetacion cuando los empleamos como abono; y como quiera que en la mayor parte de los casos, sin adicionar estos, los vegetales contienen cantidades notables, parece lógico admitir que ellos los absorben de los suelos en que viven, y por la misma razon deberíamos pasar á estudiar cómo son asimilados por los vegetales; pero antes parece natural examinemos si en los suelos hay fosfatos, y cuál sea su orígen, para despues que conozcamos estos manantiales los apliquemos á las plantas, y estudiemos cómo llegan á hacer parte de ellas.

Se ha demostrado que el ácido fosfórico se encuentra en todos los vegetales en forma de sal, cualquiera que sea el origen de estos y el sitio en que se hayan desarrollado (pág. 20), y ahora veremos que empleándose la mayor parte de las plantas como alimento de los animales, es ingerido en la economía en diferentes formas, como yerba, paja, heno, etc., y otras veces en la de semillas, que son la base de la alimentacion, tanto del hombre como de muchos animales. Asociados con las carnes, que tambien contienen ácido fosfórico, son asimilados gran parte de ellos para reparar las fuerzas y crear ó regenerar ciertos y determinados órganos, siendo despues espelidas en forma de escrementos sólidos ó líquidos todas las sustancias que son inútiles para este ob-

jeto, y las que hayan sido introducidas en esceso, al paso que siendo absorbidos en distintas proporciones algunos de los elementos que las constituyen, es preciso que sean ingeridos con relacion al alimento mas indispensable, y por consecuencia algunos de los elementos con quienes este se hallaba asociado deben necesariamente estar en esceso, y por tanto no ser ya útiles á la economía, y de aquí que sean espelidos en forma de escrementos.

Esto precisamente es lo que sucede con los fosfatos, que existiendo en todos los vegetales, y de ellos concretándonos á los cereales, hemos visto que los contienen en gran proporcion asociados con las sustancias nitrogenadas (gluten, albúmina, etc.), las que son consideradas como verdaderos alimentos, por cuya razon deben ser tomados en cantidad considerable, así como naturalmente los fosfatos que les acompañan; pero siendo su objeto formar y reparar ciertos órganos, sobre todo la parte sólida y principios fosforados del cerebro; de aquí que cuando los mismos están ya desarrollados necesitan poco para su contínua reparacion, y habremos ingerido indispensablemente mayor cantidad que la necesaria; esceso que la naturaleza se encarga de espeler por varios medios, y de aquí el origen del ácido fosfórico en estas sustancias al estado de fosfatos. Los escrementos son, segun se ve, un manantial de estos compuestos, que los podemos emplear sin tener en cuenta las demás sustancias que los constituyen, por la notable cantidad que de ellos contienen, y gran parte de su valor es debido, no solo al nitrógeno sino al ácido fosfórico. Por este medio la enorme cantidad de fosfatos que las plantas nos suministran vuelven otra vez á las tierras para crear una nueva generacion de vegetales; siendo un círculo tal, que si se concibiese un sitio limitado que no esportase cereales, bastaria el ácido fosfórico existente para muchas generaciones, puesto que la parte que sensiblemente desaparece vuelve á las tierras al cabo de tiempo bajo la forma de huesos de los cadáveres de animales, que suponemos se desarrollaron y perecieron en un mismo espacio limitado. Tan cierto es esto, que tenemos ejemplos de grandes comarcas tan florecientes como la Virginia, que por algunos siglos ha esportado bajo la forma de granos, tabaco, etc., los fosfatos que no han sido devuel-

tos á las tierras, las que se han esquilmado lo suficiente para no poder producir vegetales idénticos.

Independiente de este origen del ácido fosfórico, que vemos no ser otro que el que ya existia en los vegetales, tiene la naturaleza otros manantiales de la misma sustancia, con que socorrer las necesidades de las plantas en caso que falte el equilibrio antes esplicado.

Esto mismo está sucediendo contínuamente en mas estrecho círculo en las grandes poblaciones, centros de gran consumo, que no bastando los produtos agrícolas de sus inmediaciones, acuden á ellas desde grandes distancias; resultando de aquí una abundancia de fosfatos que la agricultura utiliza con gran provecho para los campos cercanos, á espensas indudablemente de los sitios productores.

Fijando la atencion, veremos que hay pocos cuerpos que se encuentren con tanta profusion y tan repartidos como el ácido fosfórico; solo que la ambicion humana desearía encontrarle en grandes cantidades en los sitios que le conviene utilizarlo, y esto que el hombre desea, es precisamente culpa suya, y no de la previsora naturaleza, que le repartió en su dia cual debió hacerlo, y le encontraron indudablemente los primeros pobladores, como nos presenta un ejemplo la Virginia antes citada. En efecto, en las tierras llamadas vegetales se encuentra el ácido fosfórico, si bien en diferentes cantidades, puesto que segun Liebig (1), existe de 0,002 á 0,008. Segun Mr. Delanoue, que ha hecho el análisis de muchas tierras, ha visto que las mas estériles de la Bélgica contienen 0,0005 de ácido fosfórico, y las fértiles del mismo país y de Francia 0,00005. Nosotros hemos determinado el ácido fosfórico de algunas tierras ya fértiles ya estériles, y hemos examinado entre otras algunas procedentes de la provincia de Alicante, de sitios en los que no se pueden cultivar cereales; no obstante, se ha reconocido que habia ácido fosfórico en la dósis de 0,0035, término medio, al paso que en las tierras de una de las estepas de la cuenca del Tajo, en que solo prevalecen las atochas, no le hemos encontrado, y sí en la proporcion de 0,0012 en las tierras fértiles de las inmediaciones de la Corte.

(1) Chimie agricole, pág. 171.

Vemos por estos guarismos, que la cantidad en que se encuentra el ácido fosfórico en las tierras es variable, y no puede menos de ser así atendiendo á su origen, como haremos ver. Otro manantial de ácido fosfórico son los fosfatos que la naturaleza nos presenta condensados, podemos decir así, ya en forma de fosfatos de plomo solo ó con las galenas, ya tambien fosfatos de manganeso, de cobre, de hierro y de cal. Generalmente los fosfatos no hacen parte de las rocas cristalinas, pero se encuentra comunmente el ácido fosfórico en terrenos de una época geológica mas moderna. Hay la opinion que en las formaciones calizas el fosfato de cal ha sucedido á una generacion de seres organizados, de tal modo que se podria sostener que el ácido fosfórico ha sido introducido en los nuevos terrenos por los seres que allí vivieron. Respetando una opinion tan generalizada, emitida por autores tan célebres como Humboldt, y tan en armonía con los hechos, puesto que ciertamente se ven fósiles en algunos de estos grandes depósitos de fosfato calizo, nos queda siempre una duda, cual es: ¿De dónde tomaron aquellos séres el ácido fosfórico que despues han depositado? Admitiendo que sea esta la causa, ¿no debió existir antes el ácido fosfórico indispensable para la vida de estos seres? ¿Cuál, pues, fué su origen? He aquí la dificultad de esta cuestion. Ciertamente que ya por acciones mecánicas ó físicas, ó por reacciones químicas, se puede suponer cuál será la causa mas ó menos probable del ácido fosfórico que existe en las tierras de labor; pero no es de tan facil esplicacion, en nuestro concepto, el origen de donde tomaron el ácido fosfórico los seres que han formado depósitos tan considerables como los que nos presentan España, Francia, Inglaterra, Bohemia y Hungría. Podemos por una suposicion algun tanto fundada dar una esplicacion satisfactoria á nuestro modo de ver, basada en la misma profusion con que se nos presenta el referido ácido, la cual vamos á esponer.

M. Liebig nos dice (1), que el mar no solo contiene ácido carbónico y amoniaco, sino tambien fosfatos y carbonatos alcalinos, necesarios al desarrollo de las plantas marinas; y sin embargo, en época muy posterior

(1) Lettres sur la chimie, pág. 233.

Mr. Correnwinder no ha podido encontrar el ácido fosfórico en el agua del mar del Norte, ni en los depósitos salinos que se forman en las calderas de los barcos de vapor, circunstancia que es bien estraña, puesto que segun el mismo autor nos dice, debe existir en ella; y el no reconocerle lo cree debido á considerarle combinado con sustancias nitrogenadas trasparentes y gelatiniformes. No participamos de ningun modo en este punto de la opinion de tan respetable autor, porque si así fuese se podria muy bien, por la calcinacion del resíduo ó la oxidacion, destruir estas sustancias, y ponerle á descubierto por los reactivos; mas bien dependerá del medio empleado para su reconocimiento. Si se hubiera valido del molibdato de amoniaco, indudablemente creemos hubiera encontrado el ácido fosfórico en el agua del mar del Norte. Nosotros hemos tratado de ponerle á descubierto, y lo hemos conseguido con agua procedente del Mediterráneo, tomada en los puertos de Barcelona, Alicante y Málaga, no habiéndolo conseguido ciertamente por los medios ordinarios; pero con el espresado reactivo se hace sensible en el estado natural del agua, y si se evapora hasta reducirla á la mitad, entonces su presencia es tan manifiesta, que no solo hay coloracion sino precipitacion. Exactamente lo mismo nos ha sucedido con agua procedente del Cantábrico, tomada en Santander.

Seguramente en esta parte somos de la opinion de M. Liebig, como lo será todo el que ensaye, y se convenza que en efecto el agua de los mares contiene fosfatos.

Viendo ya su presencia en estas aguas, nadie se estrañará al emitir la opinion que indudablemente los fósiles que han dejado estos depósitos tomaron los fosfatos de las aguas de los mares en que se desarrollaron; y solo quedará incompleta la esplicacion relativa á la formacion de fosfatos calizos, que no dan indicios de fósiles. Esto en nuestro concepto se podrá esplicar conociendo los siguientes hechos.

1.° Mr. Correnwinder dice, que solo ha encontrado en el agua del Garona el ácido fosfórico. Suponemos que por las razones antes espuestas quizá no le haya podido reconocer en las demás, puesto que por nuestra parte podremos asegurar que no solo en las aguas del citado rio existen los fosfatos, sino que en nuestro país deberá existir en todas,

como lo indica el haber reconocido el ácido fosfórico en agua procedente del Guadalquivir, del Tajo, del Ebro, Jarama y hasta en la del que baña la capital, habiéndola tomado en sitio en que no pueda suponerse tenga otro origen distinto. Nada nos estrañará que exista, como decimos, en todos los rios, porque no hay razon que nos esplique su ausencia, encontrándose en todas las tierras, y seguramente si no se someten á este examen las aguas le haríamos palpable. Del mismo modo hemos visto que existen los fosfatos en las aguas potables de la Corte, tomándola de todos los viajes que la surten, incluso el nuevo del Lozoya. Basta para convencerse de ello hacer un experimento, que se puede repetir facilmente: tomando con este objeto un volumen del agua que se ensaya, evaporándola á $^1/_2$, añadiendo 12 gotas de ácido clorhídrico y 12 de reactivo, se verán indicios de ácido fosfórico; pero si se evapora á $^1/_4$ estos indicios pasan á ser evidencia, si bien la cantidad se descubre á favor de la sensibilidad del reactivo. Nada nos deberá estrañar el no verle determinado cualitativamente en las análisis que químicos muy respetables han hecho del agua de la capital, puesto que cuando estos trabajos se efectuaron no se conocia este reactivo, y aun hoy no nos sería facil por los medios comunes determinarle en las mínimas cantidades en que se encuentra.

Una vez que hemos hecho patente la existencia del ácido fosfórico en todas las aguas, continuemos mas adelante, y veremos que los trabajos de Barral nos dan á conocer que existe tambien el ácido fosfórico en el agua de lluvia, habiéndole caracterizado y determinado cuantitativamente por el procedimiento Chancel; resultando segun las investigaciones de este químico, que existe en pequeñas proporciones, encontrando para 1 litro de agua 0,05 ^{milig}, 0,09 ^{milig}, si bien ha visto que hay diferencia entre el agua de lluvia de las poblaciones y la del campo, siendo mayor la cantidad en la última. Estos importantes trabajos nos dejan todavía una pequeña duda acerca de la manera de existir este ácido. Mr. Barral supone que el ácido fosfórico que existe en el agua de lluvia no debia estar en este estado sino al de fósforo; si bien es difícil resolver esta cuestion, puesto que el autor se ha servido del ácido nítrico, y segun el método empleado puede en efecto quedar du-

da si estaba en este estado, ó ha sido llevado á él por el ácido empleado. Supone que puede tener por origen que en el polvo haya fosfato de cal, ó bien haciendo parte de los rotatorios que existen en el aire. Nuestra opinion en este punto, aunque lo sentimos, no está de acuerdo con la de Mr. Barral, fundándonos para ello en que sin emplear un cuerpo oxidante se le puede reconocer. Para tal objeto es suficiente tomar el agua de lluvia, como hemos efectuado repetidas veces, ya procedente de poblacion, ya tambien del campo; medir 25 centímetros cúbicos, evaporar á 0,05, es decir, á $\frac{1}{20}$ ó 0,02 de su volumen, añadir despues ácido clorhídrico y el molibdato de amoniaco, y se verá un color bien manifiesto indicando el ácido fosfórico, lo que nos prueba no solo que existe, y para ello, como vemos, no hay que evaporar grandes cantidades, sino que debe hallarse al estado de ácido fosfórico. Si repetimos esto con el fósforo ó con productos que sabemos contienen al referido cuerpo, y hacemos exactamente el mismo ensayo comparativo con el agua destilada, añadiendo á igual volumen de líquido evaporado el mismo número de gotas de ácido clorhídrico y del reactivo, veremos que esta permanece inalterable, como no podia menos de suceder; no obstante, aconsejamos á cualquiera que desee repetir nuestros experimentos, lo efectúe siempre por comparacion para hacerlo mas evidente.

Viendo ya que el ácido fosfórico está repartido con profusion, como habíamos indicado al empezar este artículo, si bien en variadas proporciones, nada nos estrañará, fundados en estos hechos, el admitir que los fósiles cuyo origen no es marítimo puedan tambien contener ácido fosfórico.

Sometiendo á los mismos ensayos los muchos fósiles de agua dulce que se encuentran en calizas, se prueba en efecto que contienen, como era de esperar, el ácido fosfórico, si bien en pequeñas cantidades.

No tenemos necesidad de recurrir á estas suposiciones si se tiene en cuenta que hemos encontrado igualmente el ácido fosfórico en todas las calizas que se ha examinado, aun en aquellas cuya procedencia y naturaleza no nos dan indicios de fósiles; en cuyo caso se encuentra, por ejemplo, el espato calizo, el que da señales de contenerle: del mismo modo la creta procedente de la Roda, reconocida como de las mas

puras, ensayándola como venimos indicando, se reconoce tambien en ella ácido fosfórico, aunque en débiles cantidades (1); y partir de este límite, le vemos que va aumentando en cantidad en las demás calizas, encontrando algunas que le contienen en mayor dosis, como sucede con gran parte de las mal llamadas fosforitas por los aficionados á la minería, puesto que en varias ocasiones hemos observado que á pesar de su fosforescencia al colocarlas sobre cuerpos incandescentes, solo contienen 0,01 á 1,0 por 100 de fosfato calizo, siendo por lo tanto unas calizas mas ó menos fosfatadas: escepto el apatito, del que nos ocuparemos en otro lugar. Los trabajos de Mr. Deherein (2) nos dan á conocer esto mismo, viendo por los análisis que ha ejecutado con varias especies de cales empleadas en la agricultura, que contienen 1,2—1,45, 1,65—1,65 de ácido fosfórico, ó sea 2,65—3,151—3,677 y 3,655 de fosfato de cal.

Todo lo espuesto viene en apoyo de lo que queríamos demostrar acerca del origen del ácido fosfórico, ó mas bien de los fosfatos calizos; no creyendo haya necesidad de admitir, en vista de los hechos, que estos fosfatos deban su origen á fósiles, como se ha supuesto. Si hay ciertos casos en que en efecto no se puede dudar su existencia por la forma y demás caracteres que presentan, puede muy bien su presencia considerarse como secundaria.

La química analítica nos demuestra que el ácido fosfórico existe en todas las calizas en proporciones variables, viéndole en algunas en cantidad considerable, hasta que ya llega un caso en que predomina, y constituye una especie distinta, pasando entonces la caliza con quien está asociada á ser accidental.

Lo mismo se verifica con otros fosfatos naturales, como el de plomo, cobre, manganeso, y el que se encuentra en la mayor parte de los minerales de hierro; siendo de estrañar que en estas circunstancias no

---

(1) No debe confundirse la coloracion que se ocasiona por el hierro que contienen con la producida por el ácido fosfórico: basta añadir agua para que la primera desaparezca quedando invariable la segunda.

(2) Comptes rendus, t. 52, pág. 738.

se le haya considerado procedente de fósiles como en el primer caso, por cuyas razones se puede admitir que el origen de los fosfatos calizos debe ser el mismo que el de los demás fosfatos, y encontrándose ya en el mismo caso que estos, los geólogos podrán darnos esplicaciones mas satisfactorias.

Admitida ya la profusion del ácido fosfórico en la naturaleza, y hallándose en las calizas al estado de fosfato de cal, nada nos estrañará que, á pesar de su poca solubilidad, se le encuentre en todas las aguas, puesto que, como sabemos, estas contienen el ácido carbónico, que en mayor ó menor cantidad las llegue á disolver; y sin recurrir á esto, tenemos un ejemplo que cualquiera puede repetir, como hemos efectuado, poniendo una pequeña cantidad de fosfato de cal (1 gramo) con un esceso de agua destilada (150 gramos), agitando á la temperatura ordinaria, filtrando por papel Berzelius, y evaporando el líquido casi á sequedad, se ha puesto de manifiesto por medio del reactivo, que se ha disuelto una cantidad perceptible de fosfato de cal. Por lo tanto bien puede admitirse que el ácido fosfórico que encontramos en el agua del mar debe su origen, así como la sal comun, la plata y todos los demás cuerpos que en ella existen, á depósitos de estas sustancias que se encuentran en el fondo de sus aguas, las que no solo se han disuelto por el ácido carbónico, como se dice de los fosfatos, sino por la accion que ejerce el agua como disolvente.

Igual esplicacion podemos admitir para las aguas de los rios y manantiales; y si vamos á esplicarnos su presencia en el agua de lluvia, nos será hasta cierto punto difícil, en atencion á la fijeza del ácido fosfórico; pero sin participar de la opinion de Mr. Barral, que le considera al estado de fósforo haciendo parte de pequeños animales que en la atmósfera existen, sino mas bien que dependa del polvo que sabemos se encuentra en cantidad considerable en el aire, ó tambien que al evaporarse las aguas le lleven ya disuelto, ya arrastrado mecánicamente, como nos presenta un ejemplo el ácido bórico, que siendo insoluble y fijo, cuando se hace pasar vapor de agua á través de una capa de dicho cuerpo, le encontramos despues en el líquido condensado. Otro ejemplo nos suministra la sal comun, que se encuentra en el agua de lluvia de las costas marítimas.

Siendo nuestro objeto ocuparnos solo del origen del ácido fosfórico ó de los fosfatos que vemos en las tierras, aguas, aire, etc., y habiéndolo efectuado de una manera general, pasaremos con los datos anteriores á uno de los mas difíciles problemas, cual es, cómo estos fosfatos pasan á la vegetacion.

Estado en que son asimilados los fosfatos.

Una de las cuestiones que han llamado la atencion de los químicos y agricultores es la de darse esplicacion, de qué manera, cuerpos tan poco solubles como son los fosfatos de que nos venimos ocupando, tanto de cal como de magnesia, llegan á hacer parte de los alimentos de las plantas, de qué manera han sido introducidos en la vegetacion, y qué medios ha empleado y emplea la naturaleza para hacerlos solubles. Hé aquí un problema que viene resolviéndose hace algunos años, y que preocupa á químicos y agrónomos, dando lugar á encontradas opiniones, apoyándose los primeros en experimentos de laboratorio y en las afinidades químicas, y los segundos en que las plantas están sometidas á leyes distintas de las que presiden en química, y por lo tanto efectuan actos aún desconocidos para nosotros. Entre tan diversas y opuestas opiniones es preciso colocarnos de tal modo, que sea la razon fundada en los hechos la que nos decida por alguna de ellas, siendo esta la causa precisamente que nos impele á dar á conocer con alguna extension lo principal que se ha escrito hasta el dia, exponiendo metódicamente los trabajos que acerca de esta cuestion han emprendido sábios eminentes, haciendo su exámen crítico, y en vista de todos ellos, deduciendo de qué manera se pueden esplicar estos hechos.

Mr. T. de Saussure, citado varias veces y á quien la química agrícola tanto debe, nos da á conocer que las plantas toman de la tierra las sustancias minerales disueltas en las aguas, efectuándolo en proporciones desiguales. Sin embargo, á pesar de tan respetable autoridad, en esta parte queda la cuestion muy dudosa, tratándose de cuerpos como los fosfatos térreos, que son insolubles, ó se disuelven en mínimas can-

tidades. Fundándose en la influencia que estos fosfatos ejercen en la vegetacion, y particularmente para el desarrollo de los granos de los cereales, que segun la opinion de Mr. Liebig, sin la presencia de estas sales no podrian llegar á su madurez, se esplica hasta cierto punto el efecto poderoso que los huesos en polvo y las demás sustancias que los contienen producen cuando se adicionan á las tierras. La experiencia afirma en efecto la mayor eficacia á estas sustancias como abono; pero ¿por qué medio se opera esta trasmision á los vegetales? Hé aquí cómo Mr. Lassaigne ha tratado de resolver esta cuestion tan importante por medio de experimentos. Viendo primero si el fosfato de cal básico que existe en los huesos podia disolverse en agua cargada de ácido carbónico; segundo, saber en qué proporcion se efectua; y tercero, si esta disolucion podia ó no favorecer á la vegetacion de los cereales.

Trató de conocer prácticamente si el agua cargada de ácido carbónico disolvia el fosfato de cal, segun habia mencionado Mr. Dumas en 1846, así como Mr. Gasparin (1) habia ya admitido que los fosfatos pasaban á las plantas en estado de disolucion por un agua que tenia ácido carbónico, pero sin haberlo demostrado experimentalmente.

Segun Mr. Dumas, el agua saturada de ácido carbónico á + 10 y presion ordinaria, disuelve el fosfato básico de los huesos en la proporcion de 0,00075 de su peso.

Mr. Lassaigne ha demostrado que esta disolucion se descompone por el calor, y se separa una sal básica cuando el ácido carbónico se satura por un álcali. Examinando la accion del agua saturada de bicarbonato de cal sobre el mismo fosfato básico, se ha visto que tambien se disolvia, si bien en menor cantidad. Teniendo estos antecedentes, se hicieron experimentos sobre los huesos en diferentes estados, ya frescos ya disgregados por haber estado en la tierra, y los hechos han demostrado que, reducidos al tamaño de 1 centímetro, cedian á las diez horas de estar con agua saturada de ácido carbónico una cierta cantidad de sus bases minerales, ó sea que parte de su fosfato y carbonato se han di-

(1) Comptes rendus, 1849.

suelto. La solubilidad es mayor si están en polvo; observándose que las sustancias disueltas están casi en la misma relacion que la que existe en los huesos.

Estos hechos dan lugar á creer que las sales calcáreas que entran en la composicion de los huesos pueden, por causa de su descomposicion en el interior de la tierra, ser disueltas en parte por las aguas de lluvia, en razon de la cantidad de ácido carbónico que contengan en disolucion.

El segundo experimento hecho por Mr. Lassaigne fué con el objeto de ver la influencia de estos fosfatos, disueltos á favor del ácido carbónico, en el acto de la germinacion y vegetacion. A fin de estudiar esta accion, que presenta un interés fisiológico y agronómico, Mr. Lassaigne se colocó en situacion favorable para resolver esta cuestion, sembrando en dos frascos de 200 centímetros cúbicos con 250 gramos de sílice bien lavada con ácido clorhídrico 4 granos de trigo, y regando el uno con agua saturada de ácido carbónico, y el otro con la misma agua carbónica en contacto con huesos, y por tanto que podia disolver, por lo dicho antes, cierta cantidad de fosfato. Pasados algunos dias observó que las semillas regadas con el agua carbónica se desarrollaban con mas lentitud que las segundas, continuando de este modo hasta los 25 dias, en que ambas perecieron. Despues se incineraron y pesaron, notando que las que habian sido rociadas con el agua procedente de los huesos tenian mayor peso que las procedentes del agua carbónica. Otro experimento hecho con el mismo objeto dió igual resultado; se incineraron los productos obtenidos, y las cenizas procedentes del vegetal regado con agua que tenia fosfatos, no solo pesaron mas que las del agua con ácido carbónico, sino que dieron ácido fosfórico, no encontrándole en las segundas.

Tomando por base estos experimentos, trató el autor de esplicar la manera de obrar de ciertos abonos mezclados con las tierras, admitiendo que, aparte de los productos gaseosos y amoniacales que las materias animales desprenden en su descomposicion, las sales que tienen, sobre todo los fosfatos, ejercen un papel importante en la asimilacion, ya sea disolviendo los fosfatos que existen en los suelos en que vege-

tan, ó de los abonos que adicionamos. Es un hecho que las especies vegetales que necesitan para su completo desarrollo la presencia de estos compuestos minerales, se los apropian por via de absorcion. Deduciendo segun los experimentos dados á conocer, que los fosfatos de cal insolubles se disuelven en el agua que contiene ácido carbónico, y de esta manera pasan fácilmente á las plantas.

Sin tratar de oponernos en lo mas mínimo á trabajo tan curioso como importante, antes por el contrario, y con objeto de poder hasta cierto punto conocer el límite de solubilidad del fosfato de los huesos y del apatito en un agua que contenga ácido carbónico, hemos efectuado algunos experimentos que daremos á conocer. Para ello era preciso colocarnos en circunstancias no tan favorables como lo ha hecho Mr. Lassaigne valiéndose de un agua saturada de ácido carbónico, porque este caso no es el que se efectua en la naturaleza, y por tanto, sabiendo que un volúmen de agua á la temperatura y presion ordinarias necesita para saturarse otro igual de ácido carbónico, nosotros hemos puesto en un frasco un volúmen de agua y medio volúmen de ácido carbónico, se ha agitado bien para facilitar la disolucion, de la que se han tomado dos porciones de igual peso, colocándolas en dos matraces, teniendo el uno cenizas de huesos en exceso y el otro apatito, cuya composicion conocíamos. De igual manera se han puesto en otros dos matraces las mismas sustancias con idéntica cantidad de agua de lluvia recien recogida con el mayor cuidado. Exactamente se ha hecho lo mismo con agua destilada y hervida. Despues de 24 horas de contacto se han filtrado, y determinado en los líquidos el ácido fosfórico que se habia disuelto, obteniendo resultados que, calculados al estado de fosfato básico, dan:

1.° 100 de agua en peso con la mitad de su volúmen de ácido carbónico disuelven, despues de 24 horas de contacto á la temperatura y presion ordinarias:

0,0071	de fosfato calizo (del apatito).
0,005	de fosfato calizo (de las cenizas de huesos).

2.° 100 de agua de lluvia en las mismas circunstancias de presion y temperatura disuelven:

0,0052 de su peso de fosfato (del apatito).
0,0057 de su peso de fosfato (de las cenizas de los huesos).

3.° 100 de agua destilada y hervida en las condiciones anteriores pueden disolver:

0,0022 de su peso de fosfato (del apatito).
0,0006 de su peso de fosfato (de las cenizas de huesos).

Conociendo ya la solubilidad de estos compuestos en los tres distintos líquidos, cuyas cifras serán muy útiles mas adelante, nos fijaremos ahora en ver la analogía que tienen entre sí, el agua con la mitad de su volúmen de ácido carbónico y la de lluvia, diferenciándose de la destilada con relacion á su accion disolvente de los fosfatos. Puede muy bien, tratándose de ver solo el efecto relativo, reducirse los tres líquidos á un volúmen igual, el menos posible, añadiendo despues el mismo número de gotas de ácido clorhídrico y de molibdato de amoniaco, para desde luego conocer lo que la balanza nos demuestra. Vista esta solubilidad podemos emplear simplemente el agua de lluvia, sin recurrir, como Mr. Lassaigne, á un agua saturada de ácido carbónico para probar la solubilidad de los fosfatos, y deducir de aquí su absorcion por los vegetales. Respecto del segundo y tercer experimento de Mr. Lassaigne, los hemos repetido sin necesidad de emplear sílice. Se ha llevado á cabo poniendo en dos matracitos de cristal igual número de granos de trigo, rociado el uno con agua destilada, y el otro con agua de lluvia que habia estado en contacto con cenizas de huesos; efectuando el riego á medida que se hacia necesario para conservar la humedad, procurando no hubiese agua en exceso. Habiendo empezado y seguido la germinacion y vegetacion ambos á dos marchaban sin distincion visible, desarrollándose con tal velocidad, que á los 15 dias tenian 18 centímetros de alto, á los 21 tenian 22 centímetros, y sucesivamente han aumentado hasta que á los 30 tenia 29 centímetros, en cuya época se separaron de la raiz y se sometieron á la incineracion, habiendo encontrado en *ambas cenizas* el ácido fosfórico. Se han ensayado por comparacion, y se vió que en los dos habia sensiblemente la misma cantidad, no pudiendo

hacerlo cuantitativamente por cualquiera de los otros métodos conocidos, por no permitirlo la exígua cantidad de cenizas con que contábamos, lo cual no es impeditivo para estudiar la cuestion presente.

Desde luego no hay necesidad de poner sílice, como Mr. Lassaigne, ni regar con agua carbónica, sino simplemente con agua destilada y de lluvia en las condiciones expresadas, para ver que las semillas del trigo pueden, no solo germinar sino empezar la vegetacion y continuar esta algun tiempo, hasta que necesitando además otros principios que por este medio no se les pueden suministrar, la vegetacion cesa y concluyen por perecer. De estos experimentos se podrán deducir á primera vista consecuencias algun tanto diferentes de las de Mr. Lassaigne, puesto que no encontró el ácido fosfórico en los que se habian regado con solo agua carbónica, y nosotros hemos tenido ocasion de observarle en las dos cenizas.

Desde luego el autor no pudo hacer uso del molibdato amónico, por no conocerse aún esta aplicacion; y de aquí que las pequeñas cantidades de ácido fosfórico que existen en las cenizas, que al parecer no le contenian, se ocultasen á su investigacion.

Admitido, como no podemos menos segun los resultados, que en esta primera edad no influyen en nada los fosfatos adicionados, puesto que el agua destilada hace lo mismo, veamos entretanto de dónde viene el ácido fosfórico observado, y que Mr. Lassaigne supone ser del agua de los huesos de que se valió.

En nuestra opinion este no puede tener otro origen que de la semilla; y recordando lo expuesto al hablar de la germinacion, veremos que, en efecto, tiene una aplicacion útil en este sitio. Es suficiente la indicada acidez debida al ácido acético y láctico, y la propiedad que tienen estos fosfatos de hacerse solubles por los ácidos, para suponer que en la primera edad, ó sea cuando la germinacion termina, la cantidad de estas sales que la jóven planta necesita la absorbe de las semillas, que se la presentan en un estado de solubilidad fácil para la asimilacion; y siendo limitada por lo tanto la cantidad que necesita en esta primera época, tiene la suficiente para empezar á desarrollarse con los fosfatos depositados en los granos: de aquí el que sea ineficaz en este

caso la adicion de los fosfatos bajo la forma que se requiere; de aquí igualmente, que observemos el ácido fosfórico en unos y otros vegetales que han sido regados de la manera citada.

De este modo, y no de otro, deben obrar los fosfatos térreos en la primera época del desarrollo de los vegetales; pero á medida que la vegetacion avanza, la planta necesita una cantidad de fosfato que la semilla ya no le suministra, y entonces lo efectua tomándolo de la tierra á la par que los otros alimentos, influyendo ya en este caso la accion disolvente del agua de lluvia que hemos esplicado.

Hemos expuesto los trabajos efectuados por Mr. Lassaigne para demostrar el cambio de solubilidad de los fosfatos térreos, así como las observaciones á que ellos se prestan, exponiendo nuestra opinion acerca de esta cuestion; pero viendo que solo se refieren estos experimentos á la planta jóven, de aquí el tener aún algunas dudas respecto á la influencia de estos compuestos cuando la vegetacion está mas adelantada, lo que procurarémos demostrar mas adelante, despues de dar á conocer cuanto se ha dicho acerca de cuestion tan importante.

Hácia la misma época en que Mr. Lassaigne se ocupaba de los anteriores trabajos, efectuaba tambien un estudio algun tanto semejante sobre las avenas el príncipe de Salen-Horstmar, si bien obtuvo resultados al parecer diferentes.

De sus experiencias se deduce:

1.° Que la avena colocada en arena calcinada y lavada con ácido chorhídrico, privada por tanto de otras sustancias orgánicas, crece, pero su desarrollo es paulatino, su color macilento, queda muy baja, y da granos muy pequeños.

2.° En la misma arena mezclada con sustancias nitrogenadas la planta es alta, pero la caña débil y se dobla.

3.° Colocándola del mismo modo, pero separadamente, y añadiendo disoluciones de potasa, cal, magnesia, hierro, ácido fosfórico, sulfúrico y sílice, la planta queda pequeña y no da fruto.

4.° Si estas sustancias se mezclan con cuerpos nitrogenados, entonces el crecimiento es normal y vigoroso.

5.° Si falta alguno de los cuerpos mencionados, y tiene sustancias

nitrogenadas la marcha en su desarrollo es anormal. Pasa despues el autor á dar á conocer por numerosos esperimentos lo que sucede al vegetal cuando falta alguna de las sustancias citadas, y tomando solo lo referente á la accion del ácido fosfórico, nos dice que cuando éste falta el tallo se inclina, tiene mal color y no da fruto.

Veamos qué consecuencias podemos deducir de estos experimentos, que vengan en apoyo de nuestra cuestion. Desde luego nada nos debe estrañar que germine y se desarrolle en la arena calcinada, puesto que hemos visto ejecutar lo mismo con solo regarla con agua destilada, deduciendo el autor que lo hace sin otras sustancias inorgánicas, y en efecto esto aparece; pero dejamos indicado que para las necesidades de la planta en la primera época tiene la semilla todos los alimentos que puede necesitar, por lo que natural es que, agotados estos, parezca macilento el vegetal, y si llega á dar fruto, será como vemos muy poco, y este muy pequeño; prueba inequívoca que vivirá por el nitrógeno y carbono que toma del aire: pero el fruto no se desarrolla, porque le es indispensable el ácido fosfórico y fosfatos, y como no se le administran, y cuanto tenia la semilla lo asimiló para la raquítica formacion del tallo, de aquí la esplicacion de los hechos observados por el citado experimentador.

Exactamente por las mismas causas se esplican los fenómenos notados en el segundo resultado que nos presenta: puesto que se les suministra nitrógeno, puede desarrollarse hasta cierto punto, pero no llega á completarse por la falta de las sustancias minerales, y entre ellas, principalmente para el fruto, por la carencia de fosfatos.

Del mismo modo, aun cuando se añada separadamente cada una de las sustancias que nos dice en su tercer resultado, no podria desarrollarse, puesto que son fosfatos lo que necesita el fruto, y no solo ácido fosfórico, que, por el contrario, como ácido actuaria de un modo distinto.

El mismo autor nos confirma la necesidad de los fosfatos al decirnos que si falta el ácido fosfórico, aun cuando tenga las demás sustancias, el tallo se inclina, y no da fruto.

Vemos segun esto, que algunos de los resultados de estos trabajos

vienen en apoyo de la necesidad de los fosfatos, y que aun cuando se les pongan otros varios cuerpos, menos el ácido fosfórico, no se desarrolla el vegetal; y de aquí que tambien, poniéndolo en estado que sea facilmente absorbido, manifiesta los efectos que ya conocemos.

Posteriormente á los trabajos indicados, diferentes químicos han tratado de esta cuestion, siendo uno de ellos Mr. P. Thenard, que con este objeto emprendió una série de experimentos cuyos notables resultados no dejan de llamar la atencion, y ofrecer interés para aclarar algun tanto en esta parte la presente cuestion. Este químico observó por primera vez (1) que en las tierras que habia sometido al análisis, el ácido fosfórico encontrado no estaba, como se habia creido, al estado de fosfato de cal y de magnesia, sino al de fosfato férrico y alumínico, y que si estas sales se mezclan con fosfato de cal, se adiciona agua de lluvia, y se tienen por algunas semanas en este estado, filtrando despues, en el líquido obtenido no ha podido encontrar el ácido fosfórico.

Para cerciorarse mas de la exactitud de este esperimento lo ha repetido en distintas condiciones, cual es fundándose en la solubilidad ya demostrada del fosfato de cal en agua carbónica, é insolubilidad de los fosfatos férrico y alumínico en este mismo vehículo. Para ello saturó de fosfato de cal el agua carbónica, filtrando despues; y añadiendo al líquido 50 gramos de una tierra, agitándola bien, la tuvo tres dias en este estado, trascurridos los cuales, por filtracion separó el líquido, reconociendo la cal al estado de carbonato; pero no pudo encontrar ni indicios de fosfato de cal. Poniendo los fosfatos férrico y alumínico en vez de las tierras con el mismo líquido, los resultados fueron idénticos.

En vista de estos hechos Mr. Thenard deduce, con fundado motivo, que no siendo los disolventes generales, de que hacen uso los agrónomos, suficientes para disolver los fosfatos alumínico y férrico, debemos suponer que los óxidos de la fórmula M_2O_3 que se encuentran en las plantas en cantidades muy pequeñas, no deberian tener ácido fosfórico, puesto que por su insolubilidad no pudieron ser absorbidos; pero como en las cenizas se encuentra ácido fosfórico á veces en cantidades

(1) Comptes rendus, t. 46, 212.

considerables, no se puede menos de admitir un mecanismo especial, en virtud del cual la naturaleza utiliza el fosfato férrico y alumínico en beneficio de la vegetacion. En este estado de la cuestion observó Mr. Thenard, que tratando el cloruro cálcico diluido por solucion de silicato de sosa, daba un silicato de cal algo soluble en el agua, siendo esta solubilidad de 0,6 gramos por litro de agua.

Este hecho, unido á la insolubilidad en el agua de los silicatos de hierro y alúmina y á la del fosfato de cal, así como la facil solubilidad de este último en ácido carbónico, indujo al autor á considerar si pudiera muy bien el silicato de cal, y aun los alcalinos, separar facilmente al fosfato de hierro y alúmina. Efectuando esperimentos con este objeto puso disolucion de silicato de cal con fosfato de alúmina, saturó el líquido de ácido carbónico, y al cabo de 24 horas filtró, y observó despues de la filtracion, que el liquido tenia fosfato de cal disuelto.

Repitiendo este esperimento con tierra en vez del fosfato de alúmina, obtuvo el mismo resultado. Deduciendo de estos esperimentos una esplicacion sencilla respecto á la duda que hace un momento se nos presentaba, cual es, que la presencia de los silicatos de cal que siempre acompañan á las tierras, se disuelven por la accion del agua, y en cuyo estado, en contacto con los fosfatos de hierro y alúmina, que nunca faltan en los suelos, se forma por doble descomposicion silicato de hierro y fosfato de cal, como lo indican las siguientes ecuaciones:

1.ª $3\,(CaO, SiO_2) + F_2O_3, 3\,PhO_5 = F_2O_3, 3\,SiO_2 + 3\,CaO, PhO_5$

Silicato de cal. Fosfato férrico. Silicato férrico. Fosfato de cal.

2.ª $3\,(CaO, SiO_2) + Al_2O_3\ 3\,PhO_5 = Al_2O_3 3\,SiO_2 + 3\,CaO, PhO_5$

Silicato de cal. Fosfato de alúmina. Silicato de alúmina. Fosfato de cal.

En este estado el ácido carbónico que se ha visto es indispensable, se combina con parte de la cal del fosfato cálcico, y lo hace soluble,

3.ª $CaO, PhO_5 + 2\,CO_2 = 2\,(CaO, CO_2) + CaO, PhO_5$

Fosfato de cal. Acido carbónico. Carbonato de cal. Fosfato de cal.

Llegado este momento, en que vemos cómo el fosfato de hierro ó de alúmina que existe en las tierras se ha trasformado en fosfato de cal soluble, se puede esplicar facilmente la absorcion del ácido fosfórico en este estado.

Una vez admitida la teoría que acabamos de exponer, no podemos darnos cuenta de la presencia de los fosfatos de protóxidos que se encuentran en los granos, siendo estos de cal y alcalinos, segun fuese el silicato que se descompone en presencia del fosfato férrico y alumínico.

Supone Mr. P. Thenard que se efectua una especie de corriente en que los silicatos hacen un papel importante, mientras que el hierro y alúmina ponen á cada momento en reserva pequeñas porciones de ácido fosfórico, que conserva para las generaciones futuras, en virtud de efectuarse esta descomposicion con alguna lentitud. Pasando de esta teoría á sus aplicaciones, tienen fácil esplicacion las anomalías que han observado algunos agricultores en el uso de los fosfatos. En efecto, la Bretaña, cuyas tierras por su origen abundan en silicatos y son pobres en fosfatos, tienen necesidad de ellos, y si se les añade en grande escala producen efectos sorprendentes; mientras que en la parte Norte, cuyas tierras tienen silicatos y fosfatos, no son necesarios, por cuya razon no los emplean, al paso que en otros paises, como la Brese, cuyas tierras son escasas en calcáreas y fosfatos, si bien ricas en ácido úlmico, allí dan mucha importancia al empleo de las cenizas lavadas, que contienen á la vez silicatos y fosfatos, prefiriéndolas por esta razon al emplo de la cal, greda, negro de huesos y estiercol.

Estos hechos tienen fácil esplicacion en vista de lo espuesto anteriormente: de la misma manera que el silicato de cal tiene la propiedad de descomponer los fosfatos de base de alúmina, deberá tenerla tambien el silicato de magnesia, y en este caso se podrá esplicar la presencia de la magnesia en las plantas al estado de fosfato de magnesia.

Veamos entre tanto, por los resultados que nos ha dado á conocer Mr. Thenard, si en efecto podemos admitir su teoría. Se funda en que no cree que el ácido fosfórico exista al estado de fosfato de cal, y sí al de fosfatos férrico y alumínico; y en efecto, no dudamos que así sea

en las tierras que ha sometido al análisis, y de aquí que para esta clase de terrenos tenga esplicacion su teoría: pero es un hecho que no deja la menor duda, que el ácido fosfórico existe tambien en la tierra al estado de fosfato de cal, cuando, como nosotros lo hemos efectuado, la análisis demuestra que las cantidades de hierro son mínimas, al paso que las del ácido fosfórico están en mayor proporcion que para formar fosfato férrico; como se ve igualmente una cantidad de ácido carbónico mayor que la necesaria para dar carbonato de cal con la cal que allí existe, y que estas tierras tratadas por agua carbónica, despues de la filtracion y evaporacion del líquido dejan residuos que contienen ácido fosfórico. ¿De dónde proviene y en qué estado podia hallarse este fosfato de cal y de magnesia, puesto que se disuelve en las mismas circunstancias en que estas sales lo efectuan? Aunque la presencia de la cal y magnesia en estas condiciones la espliquemos por su solubilidad en el ácido carbónico dando bicarbonatos, si el ácido fosfórico se encontrase solo en el estado que supone Mr. Thenard, que es insoluble en el ácido carbónico, ¿cómo aparece en el resíduo? He aquí la razon que nos mueve á admitir, tanto por los resultados analíticos, cuanto por estos hechos, que el fosfato de cal existe en las tierras, si bien podremos tambien añadir que además existen fosfatos de hierro y de alúmina, puesto que el resíduo del tratamiento por agua carbónica, adicionando ácidos, nos da líquidos en que reconocemos el ácido fosfórico; pero aun esto pudiera esplicarse por la incompleta solubilidad del fosfato de cal en el ácido carbónico; no obstante, admitimos su existencia; concedamos aún mas á esta teoría: supongamos que al hacer el tratamiento por agua carbónica, la presencia del silicato de cal sea la causa de la doble descomposicion esplicada, y de aquí la presencia en el resíduo del fosfato de cal; pero si hacemos esto con el agua de lluvia, ó con agua que solo tenga un medio de su volúmen de ácido carbónico, se verá que se efectua la misma disolucion, y en este caso no nos hemos colocado en las circunstancias del autor, que hace uso, no solo de agua saturada de ácido carbónico, sino del agua de Seltz, y sabido es que en ella hay mas ácido carbónico que en la primera, siendo quizás el esceso de este ácido el que influya en la descomposicion, ó ya tambien, lo que puede muy

bien suceder, la presion á que se encuentra sometida en la botella de que se vale Mr. Thenard.

Tenemos muchos ejemplos, por trabajos de químicos tan célebres como Mr. Rosse. de sales que, no actuando á la presion ordinaria, lo hacen cuando el vapor del agua tiene una gran tension. Quizá en la descomposicion efectuada por Thenard sea esta una de las causas. No hay que olvidar tampoco que en este caso el líquido es bastante ácido, al paso que no lo tenemos en el agua de lluvia que efectua la misma descomposicion no presentando reaccion ácida, y no estando á mas presion que la ordinaria. Visto, por las razones dadas, que el fosfato de cal existe en este estado en las tierras, al menos en algunas, y recurriendo el autor en su teoría á la admision que para que el silicato de cal actue sobre los fosfatos de hierro y alúmina es preciso que el fosfato de cal que se forma se encuentre en presencia del ácido carbónico para hacerse soluble, de aquí que si admitimos la preexistencia del fosfato de cal natural, sea éste el que directamente se disuelve á favor del ácido carbónico, no solo del aire y del agua de lluvia, sino del que se desprende contínuamente, como verémos mas adelante, en muchas circunstancias, que son las que tienen lugar en la agricultura. Los hechos señalados por el mismo autor, pueden muy bien tener fácil esplicacion en la teoría que defendemos.

En la Bretaña, se nos dice, producen buenos efectos los huesos, siendo terrenos ricos en silicatos y pobres en fosfatos; nada mas natural que así suceda, si añadimos desde luego á los silicatos, tan necesarios para los cereales, cuerpos como los huesos que contienen gran cantidad de fosfato de cal, siendo el que se descompone directamente. Este ejemplo no favorece mucho á la teoría en cuyo auxilio se invoca, puesto que no hemos añadido nada de fosfato férrico, ó al menos si existe es en pequeña cantidad. Si se nos hubiera puesto un caso práctico en que siendo el terreno calizo, por la adicion del fosfato de hierro se hubiera notado su influencia, quizá en este caso pudiera admitirse aquella; pero cuando tal ejemplo no se nos cita, desde luego esta teoría no se encuentra muy favorecida.

Deduciendo de todo lo espuesto que la teoría de Mr. P. Thenard,

en nuestra opinion no es aplicable al caso general en que se encuentran asociados á las tierras los dos fosfatos calizo y férrico, por no tener necesidad de recurrir á forzadas reacciones cuando pueden efectuarse con la mayor sencillez.

Solo podrá ser admitida, cuando no se reconozca el fosfato calizo, y en su lugar haya esceso de los fosfatos férrico y alumínico, y las plantas que se cultiven nos den á conocer la reaccion. No puede esplicarse por la teoría anterior la existencia del óxido férrico en las semillas, suponiéndole al estado de fosfato férrico, que por no ser soluble en el ácido carbónico no pudo ser absorbido, y de aquí la esplicacion que consignarémos en otro lugar, no haciéndolo en este por ocuparnos solo de los fosfatos térreos.

Admitiendo la existencia del fosfato de cal natural en las tierras destinadas al cultivo, veamos entre tanto de qué manera este fosfato, ó el que se añade como abono, se puede metamorfosear en los suelos para llegar á ser absorbido por los vegetales. Conocemos en primer lugar, por los esperimentos ya citados de Mr. Lassaigne y los efectuados por nosotros, que el ácido carbónico disuelve no solo al fosfato de cal que existe en los huesos, sino tambien al fosfato de cal natural, y por tanto, este medio podrá ser desde luego un orígen de metamórfosis ó cambio de solubilidad.

Asimismo, los trabajos de Mr. Thenard nos dan á conocer que en algunos casos puede el silicato de cal obrar como disolvente, formando un fosfato soluble, si bien lentamente y en pequeña cantidad. Estas serian tambien causas algun tanto fundadas para darnos razon de la presencia de estas sales en los vegetales; pero aún tenemos otros esperimentos que nos prueban que la naturaleza puede emplear diversos medios para hacerlas llegar al estado de fácil asimilacion; tales son los efectuados por Mr. Deherain (1). Este químico, operando con los carbonatos en lugar de los silicatos de Mr. Thenard, ha observado: 1.° Que si se ponen tierras que contengan el ácido fosfórico al estado de fosfato insoluble en el ácido carbónico, ó bien poniendo en su lugar fosfato férrico ó

(1) Comptes rendus, t. 47, pág. 988.

alumínico con disolucion de carbonato de potasa ó de amoniaco, se puede demostrar que en el líquido filtrado hay fosfato alcalino de potasa ó de amoniaco, soluble en agua, lo que nos manifiesta que los carbonatos alcalinos pueden por doble descomposicion trasformar los fosfatos insolubles, en solubles, cuya reaccion se podrá hacer visible con la ecuacion siguiente:

$$Fe_2\,O_3\,3\,Ph\,O_5 + 3\,(KO,\,CO_2) = Fe_2\,O_3\,3\,CO_2 + 3\,(KO,\,Ph\,O_5)$$

Fosfato férrico. Carbonato de potasa. Carbonato férrico. Fosfato de potasa.

2.° Que poniendo carbonato de cal con agua carbónica y fosfato férrico, se obtiene igualmente fosfato de cal en disolucion con el ácido carbónico.

3.° El carbonato férrico, en agua carbónica y fosfato de potasa y de amoniaco ó de cal, ha dado fosfato de hierro, ó de alúmina, si se pone este fosfato.

Segun lo cual vemos que los carbonatos y fosfatos se descomponen mutuamente á la temperatura ordinaria, en circunstancias análogas á las en que se encuentran en las tierras de labor.

El carbonato de potasa, como sabemos, proviene de la accion que el ácido carbónico disuelto en las aguas ejerce sobre las rocas graníticas, ó mas bien sobre el feldespato que en ellas existe; así como el que proviene de las arcillas, ó el que ponemos cuando se adicionan cenizas á las tierras, que pueden, en virtud de esto, trasformar el fosfato de óxido férrico en fosfato cálcico.

El carbonato de amoniaco, producto de la descomposicion de las sustancias orgánicas nitrogenadas, puede, por la misma razon que el anterior, metamorfosear al fosfato de hierro en fosfato de amoniaco soluble.

A su vez sabemos que los fosfatos, unidos á las sustancias nitrogenadas, son mejores abonos; y una de las razones del valor de estas mezclas deberá ser que dichas sustancias puedan obrar unas sobre otras dando fosfato de amoniaco.

Al mismo tiempo la práctica nos enseña, que hay en casos dados que añadir greda á las tierras, otras veces cal, etc.; y pueden muy bien

estas sustancias obrar no solo físicamente, como se consideró, sino tambien por el carbonato de cal que contienen ó que se puede formar para que obre despues sobre el fosfato férrico, segun se ha demostrado anteriormente, haciéndole por lo tanto soluble. Todas estas influencias reunidas en las tierras, tendrian por resultado empobrecerlas pronto de fosfatos, si el carbonato férrico y la alúmina no estuvieran en un exceso, por lo general, para tener al estado insoluble el ácido fosfórico, y por tanto que pueda servir por mas tiempo, puesto que hemos visto que el carbonato férrico con los fosfatos solubles, ó convertidos en este estado por el ácido carbónico, nos da fosfato férrico. No obstante, como esta mútua descomposicion depende de la masa relativa de cualesquiera de las sales, si son, por ejemplo, los carbonatos alcalino-térreos los que predominan, el ácido fosfórico será arrastrado por las aguas, y en parte perdido para la vegetacion. En este caso se hallan comarcas enteras que necesitan abonos fosfatados porque sus tierras pierden contínuamente este elemento necesario para la vegetacion, dependiendo de que colocados en circunstancias favorables para ello por la presencia del carbonato de potasa, originado en la descomposicion de los granitos, puede muy bien, obrando sobre los fosfatos insolubles, hacerlos solubles y ocasionar pérdida, como sucede en la Bretaña, que se necesita añadir gran cantidad de fosfatos para suplir las pérdidas reconocidas por estas causas.

Sabido es que adicionando greda á las tierras se obtienen mayores cosechas, dependiendo de que se añade carbonato de cal, y éste descompone al fosfato férrico; pudiendo muy bien suceder que esta accion haga que se esperimente una pérdida, no solo por lo que es absorbido, sino por lo que las aguas puedan arrastrar, en cuyo caso, si bien esta adicion favorece á las primeras cosechas, concluirá por empobrecer y hacer improductivo el terreno, y de aquí la necesidad de efectuar esta operacion con la mayor prudencia.

Desde ahora, por los esperimentos que antes se han citado, se podrá sacar por consecuencia que el ácido fosfórico puede existir en las tierras bajo tres formas asimilables de fosfatos de potasa, de amoniaco y de cal. Estas sales, encontrándose tambien en las plantas, vienen á confirmar los hechos observados por los esperimentos. Así que, tra-

tadas las cenizas de trigo ó de avena, primero por agua y despues por ácido clorhídrico, se pueden obtener, como ya en otro lugar dejamos espuesto, el fosfato de potasa y el fosfato de cal; solo el fosfato de amoniaco es el que no podemos encontrar; pero esto puede depender, bien de que sea modificado, despues de la absorcion, para dar lugar á sustancias nitrogenadas, ó bien que durante la incineracion se haya descompuesto y volatilizado el amoniaco: su absorcion debe ser un hecho, por haber demostrado que el carbonato de amoniaco, como el carbonato de potasa, da fosfato de amoniaco con los fosfatos térreos, y existiendo aquel, debe formarse su fosfato, como lo hace el carbonato de potasa; y si existe el fosfato de potasa, indudablemente podemos suponer que fué absorbido en las mismas condiciones el fosfato de amoniaco.

Hemos dado á conocer los trabajos de Mr. Deherain, y presentado los resultados que se pueden deducir de los esperimentos verificados al efecto, así como la fácil esplicacion de la presencia de los tres fosfatos en las plantas. Se nos permitirá ahora hacer alguna ligera observacion á sus deducciones, para demostrar que no están comprendidos todos los casos que pueden presentarse, y se presentan en la naturaleza, dejando aún algo que desear la teoría que hemos espuesto.

En efecto, vemos, siguiendo esta teoría, que es el óxido férrico el que ejerce el principal papel, puesto, que:

1.° Cuando se halla unido al ácido fosfórico en presencia de los carbonatos alcalinos, ó bien del carbonato de cal y ácido carbónico, nos da fosfatos alcalinos, y el de cal queda soluble.

2.° Cuando se encuentra unido al ácido carbónico, se le ve descomponer á los fosfatos, que antes hizo solubles, para fijar el ácido fosfórico y hacerle nuevamente insoluble.

Al parecer, la presente teoría está conforme con los hechos que se observan en la práctica, esplicándose perfectamente, en virtud de la primera reaccion, la gran cantidad de álcali que se encuentra en las cenizas de los granos (pág. 24, composicion de las cenizas). Igualmente, por la segunda se da esplicacion satisfactoria de la cal que en ellos se observa. De la misma manera podemos, segun ella, hacer uso del

carbonato de hierro para regular á voluntad la solubilidad ó fijeza del ácido fosfórico.

Dejando ya espuesto que hay tierras con fosfatos de cal ó de hierro, debemos ahora presentar los casos que pueden ocurrir para esplicarnos estas reacciones.

1.° Puede tener la tierra mayor cantidad de fosfato de cal que de hierro, y al mismo tiempo poco carbonato férrico. En este caso, no habiendo carbonato de hierro suficiente para fijar el ácido fosfórico, y hacerle insoluble aun en contacto del ácido carbónico, no tendrá lugar esta reaccion, y obrará simplemente el ácido carbónico sobre el fosfato de cal, para hacerle soluble y ser absorbido por las plantas.

2.° Si una tierra está en caso diferente por tener mucho fosfato férrico, y carecer ó tener poco fosfato de cal, pero existiendo en cambio un esceso de carbonato de cal, como sucede generalmente, y tener además en su composicion carbonato de hierro, en este caso, segun lo expuesto, todo el fosfato de hierro, por el exceso de carbonato calizo, se habrá convertido en fosfato de cal, y éste á su vez, con el carbonato de hierro que existia, habrá pasado á ser fosfato férrico insoluble.

Admitido este hecho, y siguiendo la teoría, ¿cómo se esplica la absorcion del fosfato de cal, si le vemos formarse y en seguida descomponerse? ¿De dónde procede en este caso el fosfato de cal que existe en las semillas? Sería preciso suponer que las plantas están dotadas de un poder especial para absorber el fosfato de cal en el estado soluble, no obstante encontrarse éste en íntimo contacto molécula con molécula, como debemos suponer para que estas reacciones tengan lugar con el carbonato férrico.

Si examinamos el cuadro antes citado, verémos que la cantidad de magnesia es considerable, y casi siempre mayor que la de cal. ¿Bajo qué estado habrá sido absorbida esta sustancia? ¿Será al del bicarbonato, cloruro, sulfato, nitrato, ó fosfato ácido, que son las sales solubles de esta base? Pudiera muy bien haberlo efectuado al primer estado, y despues por los fenómenos fisiológicos haberse trasformado en sal neutra; pero no es probable, en atencion á que las cenizas de los trigos

presentan mas alcalinidad que la que ocasionaria la magnesia que hubiera resultado por la incineracion. Al segundo estado no es fácil que exista, puesto que vemos que las cantidades de cloro encontradas son muy pequeñas; al de fosfato tampoco, porque si estuviese en este estado, al tratar por agua debiera disolverse, lo que no sucede; y además, sabido es que durante la incineracion, parte del sulfato con el carbono se reduciria al estado de sulfuro algo soluble, pero tratado por agua solo nos daba indicios de azufre con el nitroprusiato de sosa. Si estuviese en forma de nitrato, por la accion del fuego se hubiera tambien descompuesto, y nos hubiera dejado nitrato mas ó menos soluble. De donde, viendo que no se encuentra en estos estados, debemos suponer fué absorbida al de fosfato de magnesia, como el de cal, hecha soluble por el ácido carbónico, y de aquí la gran cantidad en que se encuentra en algunas cenizas. Esto no será obstáculo para que en pequeña cantidad haya sido absorbida en los estados anteriores; pero la mayor parte lo habrá efectuado como indicamos.

Admitido lo espuesto, ¿cómo se esplica por la teoría que venimos combatiendo? No habiendo hecho estos esperimentos con el fosfato ni con el carbonato de magnesia en presencia del carbonato férrico ni del carbonato de cal, nos queda siempre la duda si se comportaría ó no de la misma manera que el fosfato de cal en las mismas circunstancias. Este es en nuestro concepto uno de los vacíos que falta que llenar en esta teoría, y en ella, como en todas las demás ya enunciadas, se observa que, prescindiendo de la decidida accion que el ácido carbónico tiene para hacer solubles á los fosfatos térreos insolubles, los hechos los esplican los autores citados por la accion de los silicatos ó de los carbonatos alcalinos, que indudablemente no podemos menos de admitir, por la facilidad con que cualquiera lo puede poner en práctica y convencerse de ello facilmente. Sin embargo, antes de la época en que estos experimentos han sido hechos, Mr. Liebig esplica en su química agrícola la influencia de los fosfatos, por la accion que sobre ellos ejerce el ácido carbónico y las disoluciones alcalinas y amoniacales, lo que parece indicar que el célebre químico de Munich debió haber efectuado experimentos que lo demostrasen antes de sentar un aserto de tal naturaleza; pero si así

no fuera, la experiencia mas reciente hecha por Mr. Ch. Mene (1) nos lo atestigua, como vamos á dar á conocer.

Cuando se trata una disolucion de cloruro de calcio por otra de carbonato de potasa ó carbonato de sosa, se forma un precipitado voluminoso de carbonato de cal, que si se recoje y añade sal amoniaco, se disuelve en parte, de tal modo que el líquido filtrado no precipita por el carbonato de sosa, y aun por ebullicion no se regenera el precipitado. Si efectuamos lo mismo con el fosfato de sosa, se verifica el mismo fenómeno. Si en vez del cloruro de amoniaco ponemos sulfato ó nitrato de amoniaco, se efectua igual disolucion. El carbonato de amoniaco y el fosfato no le disuelven, mientras el carbonato de potasa ó de sosa en exceso lo verifican en parte, al paso que los bicarbonatos no le alteran.

Poniendo la creta con sal amoniaco, añadiendo agua y filtrando en seguida, el líquido precipita por el oxalato de amoniaco. En las mismas condiciones, si en vez de este compuesto ponemos un hueso, dejándole en digestion por algunas horas con agua carbónica ó un ácido diluido; despues por filtracion, se hace ver con el oxalato de amoniaco que hay cal en la disolucion. De estos hechos deduce el autor que en análisis no debemos precipitar la cal por el oxalato de amoniaco, sino cuando el líquido esté neutro y no haya sal amoniacal; deduce tambien la formacion de las estaláctitas por la presencia de las sales amoniacales que existen en las aguas; y por último, que esto podrá tambien contribuir para que las sales de cal sean asimiladas por los vegetales, en presencia de las sales de amoniaco que existen en los abonos.

En vista de hechos de tanta importancia bajo el punto de vista que nos ocupa por sus aplicaciones, nos ha parecido conveniente repetirlos, no para comprobar los resultados, porque basta para ello haberlos efectuado Mr. Mene, sino para ver si tienen lugar los mismos fenómenos con los fosfatos en vez del carbonato de cal. Con este objeto se ha tomado disolucion de cloruro cálcico, á la que se ha adicionado el fosfato de sosa disuelto, procurando hubiese un exceso de la primera para estar

(1) Comptes rendus, t. 51, 180.

seguros que todo el ácido fosfórico se habia combinado con la cal: recojido el precipitado y lavado sobre un filtro, ha sido mezclado con exceso de sal amoniaco disuelta; agitando y filtrando nuevamente se ha reconocido en el nuevo líquido la presencia del ácido fosfórico y de la cal en cantidades muy notables, no pudiendo tener otro orígen que la accion disolvente de la sal amoniaco. Si por otro lado añadimos un pequeño exceso de disolucion de sal amoniaco en otra de cloruro de cálcio, adicionando despues con precaucion fosfato sódico disuelto, se verá á las primeras gotas presentarse un precipitado abundante de fosfato cálcico, que por la agitacion desaparece, redisolviéndose y quedando el líquido claro; añadido en mayor cantidad, el precipitado que se forma es permanente; si se le filtra, se reconoce en el líquido el ácido fosfórico y la cal, aun cuando el cloruro cálcico empleado haya estado en exceso con relacion al fosfato sódico. Si, por el contrario, el precipitado obtenido con el fosfato de sosa y un exceso de cloruro de calcio se recoje sobre un filtro, se lava y se trata por el cloruro amónico, se ve que el líquido obtenido contiene gran cantidad de fosfato de cal. Lo mismo se verifica si se añade al precipitado un poco de sal amoniaco.

En vista de estos favorables resultados, se han continuado los experimentos para colocarnos en la situacion en que se encuentra en la naturaleza, y á este fin hemos elegido el fosfato de cal natural, que tratado por agua, adicionando un poco de cloruro amónico y filtrando, se ha visto que el líquido contiene cantidades muy notables de ácido fosfórico.

Si en vez del fosfato de cal natural se toman tierras que de antemano sepamos contienen el ácido fosfórico en cantidad sensible, y las ponemos en iguales circunstancias, si bien tomando un exceso y dejándolas algun tiempo en reposo, despues por la filtracion encontramos en el líquido mayor cantidad de ácido fosfórico que cuando se ha colocado con la misma cantidad de agua destilada, sin adicion de cloruro amónico: haciendo estos experimentos comparativos es como puede apreciarse bien el efecto disolvente del cloruro amónico. Observados estos fenómenos con el fosfato cálcico, hemos repetido los ensayos con las cenizas de los huesos, obteniendo idénticos resultados.

Igualmente se ha tratado de investigar por la via de la experiencia, si estas propiedades se podrian hacer estensivas á los otros fosfatos insolubles que tambien figuran en la vegetacion, y para ello se ha elegido en primer lugar el fosfato de magnesia, que sabemos se halla en este caso, si bien no nos es desconocido que este cuerpo en las análisis hay que obtenerle en presencia de un pequeño exceso de amoniaco para hacerle mas insoluble; no olvidando tampoco que por lo general las sales de magnesia son solubles en las de amoniaco: y en efecto, si se recoje y lava bien el precipitado obtenido por medio del sulfato de magnesia y fosfato de sosa, se trata despues por la sal amoniaco y se filtra de nuevo, se ve que el líquido contiene una cantidad mucho mayor que las anteriores de fosfato de magnesia, que ha disuelto la sal amoniaco.

Se ha pasado despues á examinar si en las mismas condiciones el fosfato de alúmina experimentaba igual disolucion, y se ha visto que el precipitado obtenido con el sulfato alumínico y fosfato sódico, bien lavado y tratado despues por el cloruro amónico, el líquido procedente de la filtracion contiene cantidad notable de ácido fosfórico, si bien el amoniaco solo da indicios de alúmina.

Habiendo ejecutado lo mismo con el fosfato férrico obtenido por doble descomposicion de una sal férrica y fosfato de sosa, se ha visto que tratado como los anteriores tambien se disuelve en parte en el cloruro amónico.

Si en vez de cloruro amónico se pone el sulfato amónico ó el nitrato amónico, tambien se observa disolucion de todos estos fosfatos, pero en menor escala; entendiéndose que todos estos tratamientos han sido hechos á la temperatura ordinaria, para evitar el colocarlos en situaciones anormales.

Al ver el mayor ó menor poder disolvente de las sales de amoniaco, no dejaba de llamarnos la atencion lo enunciado por Mr. Méne, que el carbonato amónico no tenia esta propiedad siendo una sal amoniacal, y principalmente la mas alcalina de todas, y siendo así que nos dice él mismo que los carbonatos de potasa y sosa en esceso obran tambien en estas circunstancias como disolventes; y no pudiendo atribuirse en este caso la disolucion sino á la alcalinidad, se encontraba una anomalía

inesplicable en el comportamiento del carbonato amónico. Con este objeto hemos tratado de estudiar la cuestion, y despues de efectuarlo varias veces, y en condiciones diferentes, hemos visto que si ponemos fosfato de cal natural ó cenizas de huesos con carbonato amónico, y se filtra en seguida, solo se hallan indicios de ácido fosfórico; pero si se tiene por algun tiempo en contacto se nota mayor cantidad de ácido fosfórico disuelto, á medida que este contacto es mas prolongado, notándose igualmente que la cantidad de ácido fosfórico es algo mayor que la de cal, debiendo suceder lo contrario por la circunstancia de ser el fosfato básico. En nuestra opinion este fenómeno se esplica facilmente, porque el carbonato amónico deberá formar algo de carbonato de cal insoluble. Naturalmente se desprende, que si Mr. Méne hubiera insistido en la accion disolvente de este cuerpo la hubiera encontrado, y no seria segun él una excepcion, siendo así que los hechos nos demuestran lo contrario; no obstante, en este caso particular la accion disolvente es menor que la del cloruro amónico, y seguramente si no fué observada por el citado autor, se debería en parte á no haberlos tenido el suficiente tiempo en contacto. Viendo que la accion disolvente del carbonato amónico es mayor, á medida que el contacto es mas prolongado, hemos hecho un experimento, procurando colocarnos en el caso mas ventajoso para que esto se efectue, y al efecto se han tomado dos embudos de igual capacidad, poniendo en ambos pesos iguales de fosfato de cal natural, si bien en el uno se ha colocado en capas de medio centímetro separadas por otra muy delgada de carbonato amónico, hasta llegar á ocupar toda la altura del embudo menos uno y medio centímetros. Se ha vertido sobre los dos la misma cantidad de agua destilada, estando los embudos tapados por corchos en su parte inferior y por placas de vidrio en la superior, y en esta situacion se han tenido en reposo por cuarenta y ocho horas, al cabo de cuyo tiempo se quitaron los tapones y empezaron á filtrar los líquidos incoloros, los que, no obstante, se les volvió á filtrar de nuevo sobre papel Berzelius, y sometiendo pesos iguales de los dos líquidos á la misma cantidad de reactivo, se vió en efecto que el procedente del agua destilada no daba indicios de ácido fosfórico, y por el contrario, el que habia tenido carbonato

amónico daba señales nada dudosas del efecto que habia producido como disolvente.

Repetido este experimento diferentes veces, y no haciéndolo solo á la temperatura ordinaria, sino tambien á una temperatura de 25 á 30°, se ha visto que el poder disolvente es mayor en este caso: solo nos quedaba para completar este estudio, ver cuánto ácido fosfórico se disolvia en una cantidad determinada de carbonato amónico, y efectuado esto nos ha dado resultados que no son de este lugar, pero que tendrémos muy en cuenta mas adelante para los cálculos que deberán figurar en el estudio de la parte económica.

Quedando ya demostrada de un modo tan claro la accion disolvente que tiene el carbonato amónico con relacion al fosfato de cal, en que nosotros nos hemos fijado, es de suponer que la debe tambien ejercer sobre los demás fosfatos, como hemos visto que efectuan las otras sales de amoniaco. Esto nos ha faltado observar, no habiéndolo verificado por creerlo secundario, cuando tanto nos quedaba aún por ver, teniendo bien en cuenta el tiempo que representan experimentos cuyos resultados se espresan con un solo guarismo.

Si bien en esta parte, á nuestro parecer, están imperfectos, y no hemos hecho todo lo que debiera hacerse, en cambio, fundándonos en los experimentos anteriores, hemos querido asegurarnos de la utilidad que podria reportar el empleo del carbonato amónico como disolvente, y para ello ha sido empleado, no al estado libre, como se ha visto hace poco, sino en su estado naciente, si así podemos expresarnos. Al efecto nada mas natural que emplear un mantillo imperfecto procedente de un monton en el que se notaba aún una temperatura algo elevada y olor fétido, así como una visible reaccion alcalina, tanto con el papel enrojecido como con el de cúrcuma. Se han tomado pesos iguales que se han puesto en dos embudos estrechos y de paredes elevadas, colocando en uno de ellos fosfato de cal natural en polvo, bien mezclado con el mantillo, estando éste en un exceso. Puestos los dos como hicimos anteriormente, se añadió igual porcion de agua destilada, dejándolos en este estado por espacio de seis dias, al cabo de cuyo tiempo se quitaron los corchos, se filtraron por papel, se evaporaron

á sequedad los líquidos oscuros obtenidos, se calcinaron despues los resíduos para destruir las sustancias orgánicas, añadiendo en seguida ácido nítrico, y en los líquidos obtenidos por filtracion se determinó el ácido fosfórico por el método que mas adelante verémos. Calculando las cantidades del ácido fosfórico obtenido para cada resíduo se ha encontrado, como se esperaba, mayor cantidad para el que procedia de la adicion del fosfato natural; cuyos datos darémos á conocer al ocuparnos de la segunda parte.

Indudablemente la mayor cantidad del ácido fosfórico encontrada en estas circunstancias dependerá de haber pasado á la forma soluble á beneficio del carbonato de amoniaco que se produce en la putrefaccion, y del ácido carbónico que se desprende á consecuencia de la misma al estado de libertad; aunque en las condiciones en que nos hemos colocado para operar sobre pequeñas masas, debemos suponer que la descomposicion activa debió cesar, y solo pudo reaccionar el carbonato de amoniaco que ya existia. La circunstancia de encontrarse en los dos resíduos anteriores el ácido fosfórico, se esplica por la existencia de los fosfatos en los mantillos, que á su vez habrán pasado á ser solubles por la misma causa.

Si teniendo presente cuanto hemos espuesto en este largo capítulo, fundados en experimentos efectuados por tan reconocidos autores como los que han tratado esta cuestion, y no olvidando los que hemos añadido, queremos esplicar en qué estado son absorbidos los fosfatos por los vejetales, podemos muy bien decir que en el estado actual de la cuestion, y suponiendo de antemano la presencia de los fosfatos en las tierras, ya procedan de los que existen normalmente, ya de los adicionados por los abonos, cualquiera que sea su orígen, todos podrán ser absorbidos al estado soluble, porque solo así se concibe que puedan llegar á hacer parte de las plantas. Esto admitido, como igualmente la existencia de los fosfatos alcalinos solubles, facil será el comprender que estos no necesitan ninguna preparacion para ser asimilados; no así los insolubles, que son el objeto de nuestro estudio, igualmente que las causas de las metamórfosis que experimentan, y que siendo varias aunque opuestas, pero contribuyendo á un mismo objeto, se

pueden formular de la manera siguiente: 1.ª *causas primitivas;* y 2.ª *causas secundarias.*

Las primeras pueden considerarse divididas en tres:

1.ª La accion del ácido carbónico.

2.ª La accion de las sales amoniacales.

3.ª La accion de algunos ácidos orgánicos que se originan en la fermentacion.

Estas son en nuestra opinion las causas principales ó primitivas que tienden á descomponer los fosfatos térreos, y cada una de ellas la podemos dividir en varias, que no son sino accesorias, y casos particulares de la principal de que dependen.

De esta manera podemos tambien considerar todas las comprendidas en la segunda, ó sean las secundarias. Estas se podrán á su vez dividir, para su facil comprension, en:

1.ª La accion de la atmósfera, que obra, aunque lentamente, por el ácido carbónico que contiene, y descompone los fosfatos térreos haciéndolos solubles, por lo cual esta causa secundaria dependerá de la primera de las primitivas.

2.ª Accion disolvente del ácido carbónico que se produce al estado de libertad en la alteracion tanto activa como lenta de las sustancias orgánicas ó de los abonos, y que puede considerarse obrando sobre los fosfatos que existen en ella ó sobre los que contienen las tierras, y reaccionando, como se ha indicado, por un íntimo contacto entre sus moléculas, pertenecerá por lo tanto á la primera de las primitivas.

3.ª Accion de las aguas, cualquiera que sea su orígen, obrando por el ácido carbónico que contienen, y por esta razon pertenecerán á la primera division de las primitivas. En efecto, sabemos por los experimentos dados á conocer, la accion disolvente del agua carbónica, y á partir de ésta la del agua de lluvia, del agua de los rios, manantiales, etc.; porque todas ellas tienen el ácido carbónico en estado de combinacion y algunas al estado de libertad, de suerte que contribuyen eficazmente á facilitar la disolucion de los fosfatos térreos.

4.ª Accion de los silicatos sobre los fosfatos, que por ser indispen-

sable, como se ha visto, la presencia del agua y el ácido carbónico para que la reaccion tenga lugar, tambien dependerá de la primera de las primitivas.

5.ª Accion del carbonato de cal sobre los fosfatos, en presencia igualmente del ácido carbónico, y por cuya razon tambien será dependiente de la primera de las causas primitivas.

6.ª Accion disolvente de la sal amoniaco, que, como se sabe, hace parte de los excrementos de algunos animales, y podrá contribuir á la disolucion de los fosfatos, por lo que la consideramos como haciendo parte de la segunda de las primitivas.

7.ª Accion del nitrato de amoniaco, que hay en todos los abonos cuando han pasado á cierto período de alteracion, y puede tambien existir en los suelos, y trasformará en solubles parte de los fosfatos térreos insolubles, como hemos manifestado, perteneciendo por ello á las segundas primitivas.

8.ª Accion del carbonato de amoniaco, que constantemente existe en los abonos, desde que empieza la descomposicion, é influye, como se ha hecho ver, en la disolucion de los fosfatos térreos.

9.ª y 10.ª La accion que pueden ejercer como disolventes los ácidos acético y láctico, que se forman en algunas fermentaciones.

Estas son á nuestro modo de ver, y por lo que dejamos expuesto, las causas disolventes de los fosfatos térreos, las que para mayor claridad pudieran muy bien exponerse bajo la forma de cuadro como el adjunto.

Causas naturales de metamórfosis de los fosfatos térreos.

1.° PRIMITIVAS.	2.° SECUNDARIAS.		
1.° Accion del ácido carbónico.....	1.° Procedente de la atmósfera.		
	2.° Originado por la descomposicion de las sustancias orgánicas.—Putrefaccion, combustion lenta.		
	3.° Contenido en el agua de.....	lluvias, rios, manantiales.	
	4.° En presencia de los silicatos solubles.		
	5.° En presencia del carbonato de cal.		
	6.° En forma de sal amoniaco.		
2.° Accion de las sales amoniacales....	1.° En estado de nitrato de amoniaco de los abonos de las tierras.		
	2.° Al estado de carbonato de amoniaco procedente de la descomposicion de las sustancias orgánicas nitrogenadas.		
3.° Accion de ácidos orgánicos...	1.° Láctico..	originados en la..	fermentacion de los abonos, germinacion.
	2.° Acético..		

Hemos preferido llamar causas naturales, para no comprender en ellas los distintos medios artificiales que poseemos para hacer solubles los fosfatos, por deber solo considerar en el presente trabajo los medios disolventes que emplea la naturaleza, de suyo económicos, para las aplicaciones que harémos mas adelante.

Fácilmente se podrá concluir, que cada una de las causas que se han expuesto, ó bien por el de dos ó mas de ellas, podrán hacer pasar los fosfatos de insolubles á solubles en cantidad variable, dependiendo siempre de la relacion en que se encuentren, y de la mayor ó menor

cantidad de agua, necesaria siempre para efectuar como vehículo la disolucion del fosfato que la naturaleza se encargó de metamorfosear.

Dejamos las explicaciones de estas causas disolventes para otro lugar, en que nos serán de gran utilidad; y sabiendo ya cómo los fosfatos entran á hacer parte de los vegetales, sigámosles para ver cómo se reparten en el interior, y si siempre que están en su contacto los absorben.

Distribucion de los fosfatos en los vegetales.

Considerado el vegetal desde que empieza su desarrollo, hemos visto que este se puede efectuar con solo el agua destilada; asi el trigo, v. g., llega á los 27 y mas centímetros con bastante lozanía sin necesidad de otros fosfatos que los contenidos en la semilla, lo que, segun queda dicho, nos demuestra: que en la primera edad la absorcion de estas sustancias se efectua simplemente por la presencia del ácido láctico y acético que los hace solubles, no influyendo para nada los que existen en el terreno, hasta que agotado aquel depósito, y estando las raices provistas de espongiolas, puedan, por las causas expuestas y en las condiciones dichas, dar principio á la absorcion de los fosfatos, siendo algo activa en un principio y aumentada á medida que se aproxima la época de la madurez, si bien llegada ésta, aquella aparece ser nula, ó al menos puede completarse sin la absorcion de nueva cantidad de fosfatos. Solo así puede esplicarse por qué en los tallos maduros de muchas plantas únicamente existen indicios de ácido fosfórico, puesto que los mismos, en época anterior, demuestran mayor cantidad. Segun Mr. Correnwinder (1), llega un momento en que la desaparicion de los fosfatos de las hojas y los tallos es completa, ó al menos existen en mínimas cantidades, notándose por el contrario en el fruto, que en su período de desarrollo los contiene en pequeñas cantidades, un aumento progresivo á medida que la madurez se aproxima; lo cual indica que en el citado período la absorcion es mayor para el desarrollo del fruto,

(1) Cosmos, t. 16, p. 670.

acumulándose en esta parte y depositándose en ella todo lo que absorbió, de tal suerte que las demás partes del vegetal únicamente contienen indicios: señal cierta que solo se efectua la absorcion en la edad media y anterior á la maduracion. Esto se puede comprobar por los hechos que diariamente se observan. Cuando separamos un vegetal de la tierra despues de verificada la fecundacion, vemos que la madurez del fruto se efectua como si hubiese permanecido en ella, y se nota además que este tiene las mismas dimensiones y propiedades.

No han faltado agrónomos de reconocida nombradía que han supuesto que en solo la época de la fecundacion era cuando los vegetales absorbian los fosfatos, fundados en el hecho, que si se cortan ó rozan los prados antes de esta época, las tierras no se empobrecen de estas sustancias; lo cual indica que no han fijado bien la atencion en que estas plantas dejan en la tierra sus raices, y con ellas gran parte de los fosfatos que absorbieron. Debemos añadir tambien, que muchos de estos vegetales se alimentan en proporcion notable de los elementos del aire, y además, que son los que necesitan menos fosfatos para sus semillas. Si esto se efectuase como se ha supuesto, entonces las verduras, por ejemplo, que generalmente se cortan antes de la época de la madurez del fruto, no esquilmarian las tierras en que viven, sucediendo precisamente lo contrario, puesto que es necesario abonarlas en cantidad considerable, lo que es debido á que se las corta en la época en que precisamente han absorbido mas fosfatos para la formacion de los frutos, estando repartidos todavía en toda la planta. Resulta de estos hechos, que no hay una causa fundada para suponer que las plantas se alimentan solo del aire antes de la floracion, y que no empobrecen las tierras si se cortan antes de esta época. Segun el autor ya citado, no solo el ácido fosfórico se dirije como vemos al fruto, sino que aun en éste se encuentra repartido desigualmente, notándose que aquellas partes de los frutos que por no contener nitrógeno no son nutritivas, tampoco contienen fosfatos; de tal suerte, que en el pericarpio leñoso de ciertos frutos, como el de la almendra, nuez, avellana, etc., no se ven indicios de ácido fosfórico, al paso que en la semilla existe acompañado siempre de nitrógeno.

Hemos tratado de ver si en efecto estas partes leñosas tienen ácido fosfórico, y para ello, habiéndolas triturado y carbonizado, despues del tratamiento por el ácido clorhídrico y filtracion se ha reconocido el ácido fosfórico, aunque en débil cantidad con relacion á la semilla. En el mismo caso se encuentran las materias segregadas por las plantas, v. g. el maná, gomas, etc., en las que se supone no existir fosfatos, y sin embargo, el análisis nos ha dado indicios; si bien participamos de la opinion que la presencia de este cuerpo en tales sustancias debe *ser accidental*, ó bien que la absorcion fué mayor que la cantidad que se necesitaba, y en parte fué segregada, acompañando á estas sustancias. Las raices, aun despues de la maduracion y de haber terminado la vegetacion, contienen tambien, aunque en débil cantidad, el ácido fosfórico; pero examinadas las mismas antes de la época de la fecundacion, se encuentra en cantidad mucho mayor.

Todo esto parece indicar que los fosfatos que encontramos en todas las épocas de la vegetacion y en todos los órganos de los vegetales, su presencia debe ser accidental en muchos casos, en atencion á la pequeña cantidad en que existen; y siendo necesarios por el contrario para la completa madurez del fruto, efectuan su absorcion antes de la época de la fecundacion, hallándose en cantidad muy sensible en las hojas y tallos en el período de la fecundacion, al paso que terminada ésta van desapareciendo en gran parte y acumulándose en las semillas, asociándose siempre al nitrógeno ó parte nutritiva de los granos.

Si por medio del sensible reactivo que venimos empleando para reconocer la existencia del ácido fosfórico, seguimos la marcha progresiva de la vegetacion, podrémos completar el estudio de los fosfatos, y en este caso la química podrá prestar un poderoso auxilio á la fisiología vegetal, la que estará tanto mas adelantada cuanto que aquella la suministre medios analíticos tan preciosos como el reactivo del ácido fosfórico.

Alteraciones de los fosfatos absorbidos.

Solo nos resta, para completar el estudio de los fosfatos, saber si una vez absorbidos permanecen en este estado en el vegetal, ó si son

en todo ó en parte alterados; y poco nos costará hacer ver que no todos los fosfatos que el vegetal absorbe pasan á hacer parte del fruto y demás órganos, sino que la naturaleza, en sus actos misteriosos de la vida vegetal, metamorfosea alguna pequeña cantidad de ellos aislando algo de ácido fosfórico, que se reduce, uniéndose entonces el fósforo con los elementos carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno, para constituir varios principios inmediatos que nos presentan los vegetales, como las sustancias protéicas, en que se puede facilmente hacer ver que contienen el fósforo, como contienen tambien al nitrógeno, no bajo la forma de ácido fosfórico, como algunos han supuesto, por encontrarse en tan pequeña cantidad en las cenizas que estos dejan, sino como un elemento asociado á ellos. Facilmente se puede hacer esto palpable con un experimento bien sencillo. Basta tomar la albúmina, fibrina ó caseina vegetales procedentes del glúten de los cereales, tratarlas convenientemente por ácido clorhídrico concentrado, y en el líquido procedente de la filtracion no encontrarémos sino indicios de ácido fosfórico; pero si lavamos el resíduo del anterior tratamiento, le carbonizamos, y hacemos hervir con ácido nítrico, por filtracion reconocerémos en el líquido el ácido fosfórico, prueba evidente que el fósforo existia en este estado, y no al de ácido fosfórico, puesto que solo cuando por la oxidacion se origina, es cuando le reconocemos; y de aquí el advertir que estaba asociado con los elementos llamados orgánicos formando aquellas sustancias, como lo efectuan estos, sin que se haya considerado que el carbono esté en forma de ácido carbónico, ni el nitrógeno constituyendo ácido nítrico ó amoniaco (1), sino reunidos formando la molécula orgánica, debiendo atribuir su presencia á la descomposicion de parte de los fosfatos absorbidos, puesto que así es como hemos demostrado que son asimilados por los vegetales.

Esto contraría algun tanto, respecto al estado del fósforo, la opinion de Mr. Berzelius, á quien tanto respetamos, cuando nos dice, que no es posible penetrar en los arcanos de la organizacion.

---

(1) Excepto en los álcalis orgánicos, en que se ha supuesto, si bien hay razones para no admitir esta hipótesis.

SEGUNDA PARTE.

Procedimientos mas económicos para utilizar los fosfatos térreos en la produccion de cereales de la Península.

Hasta ahora solo nos hemos ocupado en todo lo que antecede de hacer ver la constante presencia de los fosfatos en la vegetacion en general, así como sus efectos é influencia, con todas las consecuencias que estos nos han ido suministrando, y de las que diferentes veces hemos dicho que se podian sacar importantes aplicaciones para la agricultura, que es lo que precisamente nos proponemos desarrollar de un modo algun tanto análogo á lo expuesto, sirviéndonos siempre de base la experiencia, deducida de la balanza, brazo derecho del químico y único medio de poder hacer cálculos probables, preferibles siempre á pomposas y encantadoras teorías, que si bien nos fascinan por algun tiempo, cuando descendemos al terreno de los hechos y de la aplicacion suelen por el contrario hacernos ver lo que nos han separado de la realidad. En este caso se encuentran los compuestos del ácido fosfórico, cuya historia acabamos de dar á conocer, y de la que vamos á sacar aplicaciones para el cultivo de los cereales en particular. Al mismo tiempo, segun nos dice el enunciado, tenemos que localizarlo á nuestra patria, la cual, por circunstancias geológicas y geognósticas, nos presenta un suelo estremadamente variado, lo que contribuirá desde luego á dificultar la cuestion. Antes de emprender tan difícil tarea, se nos permitirá hacer una corta reseña de los vegetales de cuya produccion nos vamos á ocupar.

De los cereales.

Bajo la denominacion de cereales se comprenden todos los vegetales cuyas semillas tienen pericarpio amiláceo, pudiendo suministrar por el molido un polvo llamado harina, en que los granos de fécula están separados unos de otros, y con la cual se puede elaborar el pan; es decir, que contiene los elementos necesarios para que se establezca en condiciones dadas la fermentacion llamada pánica, dando por resultado un alimento de los mas nutritivos que se conocen. Estos vegetales son conocidos desde los tiempos mas remotos. Los griegos han atribuido á la diosa Ceres la introduccion de ellos en su pais, y de aquí el habérselos dedicado, y la denominacion con que se les conoce. Puede decirse que constituyen la base de la alimentacion de las naciones, dándoseles la preferencia:

1.° Porque en ellos están reunidos en proporcion notable los elementos de la alimentacion animal, cuales son las sustancias nitrogenadas, carbonadas y fosfatadas; en algunos de ellos la previsora mano del Hacedor las ha asociado casi en la misma proporcion que exije la vida animal, notándose sobre todo que en los climas meridionales es donde están provistos de mas sustancia nutritiva: ellos son, de todas las sustancias alimenticias, los que exijen menos suplementos para entretener la vida.

2.° Porque las sustancias nitrogenadas se encuentran generalmente en los órganos mas jóvenes de las plantas, y por esto la semilla, que es la última produccion del vegetal, las contiene en mayor cantidad asociadas al almidon, alimento no solo respiratorio, sino depósito, como hemos visto, para el futuro desarrollo de las semillas.

3.° Porque no obstante que estas plantas, como la mayor parte, sienten los buenos efectos de un cultivo bien entendido, resisten sin embargo otro no muy esmerado; asi vemos que en algunas comarcas de nuestro pais se dan con una sola labor. Ellos vegetan en la estacion húmeda, maduran en la época del calor, se pueden cultivar con

ventaja, no solo en vegas, sino en secano, desarrollándose con mas ó menos lozanía en colinas y terrenos muy variados.

4.° Porque son del gusto de todos los consumidores, en razon de su insipidez, la que permite mezclarlos con muchas sustancias alimenticias, sin que pierdan el sabor característico.

5.° Porque en poco volúmen tienen mucha sustancia alimenticia, y son fáciles de trasportar.

6.° Antes de conocer las patatas, los cereales servian á todas las clases, porque si bien vemos algunos frutos que hasta cierto punto los sustituyen, como las castañas, el árbol del pan, etc., se limita su uso á determinadas comarcas.

7.° Llevan gran ventaja á las patatas, que tienen inconvenientes que no presentan los cereales, por la mucha agua y leñoso que aquellas encierran, como igualmente poca grasa y sustancias nitrogenadas, necesitándose alimentos supletorios, como leche, queso, carne, etc., teniendo que hacer las preparaciones en el acto de servirse de ellas, porque de lo contrario se alteran con facilidad, al paso que los cereales se conservan por mucho tiempo, y el pan elaborado con ellos puede, segun su fabricacion, conservarse tambien algun tiempo, sobre todo en forma de galleta, permitiendo ser trasportado á grandes distancias sin sufrir alteraciones cuando se conserva con precaucion, y presentando en este estado la ventaja de ser los cuerpos que en igualdad de volúmen contienen mas sustancia alimenticia.

Dificilmente se verán reemplazados los cereales como base de alimentacion del hombre, no solo por su poder nutritivo, sino por el bajo precio á que se pueden proporcionar, lo que no sucede á las carnes, que además de exigir un suplemento menos rico para formar una buena y completa nutricion, su precio no se halla al alcance de todas las clases.

Los vegetales que tienen estas propiedades mas ó menos semejantes, y á los que se ha dado el nombre de cereales, comprenden la mayor parte de las especies de la familia de las gramíneas, perteneciendo á ellas el trigo, centeno, cebada, avena, maiz, arroz, panizo, y el trigo llamado negro. De todos estos vegetales, el que forma por decirlo así

el tipo, y el que figura en primera línea, es el trigo, perteneciente al género *triticum:* y por esta razon, aunque nos ocuparémos de todos los demás bajo el punto de vista que espondrémos en este capítulo, lo harémos de una manera general, tanto porque no son importantes sino en localidades determinadas, cuanto porque son los menos estudiados químicamente, como darémos á conocer. No así los trigos, que por su importancia han llamado la atencion de los químicos, haciendo minuciosas análisis, y dándonos á conocer datos muy útiles para la fisiología y la agricultura; por esta razon nosotros tambien les darémos la preferencia, sin olvidar á los demás, como indicarémos, comprendiéndolos bajo la denominacion de cereales. Diferentes son las especies del género *triticum* que se cultivan en todos los paises, y la experiencia es la que ha acreditado cuál de ellas es la mas conveniente en cada comarca y localidad; no obstante, es cosmopolita, y una misma especie la vemos llegar á madurar con mas ó menos ventajas en sitios muy distantes.

En nuestra Península las principales especies que se cultivan son las llamadas escañas comunes y polonesas, si bien cada una de estas se subdivide en varias; v. g : de las escañas tenemos la escaña menor, la vellosa melliza, y hasta 19 castas diferentes. Lo mismo sucede con las otras dos, dando así origen á una multitud de variedades cuyo conocimiento se hace aún mas difícil, porque aparecen en mayor número del verdadero por los nombres con que se denominan las mismas especies en cada localidad. No siendo nuestro objeto hacer el estudio de ellas, sino simplemente tener una idea para cuando hayamos de citar estos nombres, por cuya razon pasamos adelante, y el que desee mas detalles y quiera ampliar sus conocimientos, puede consultar á nuestro célebre Herrera, y á otros autores españoles que han tratado de esta materia con toda la estension que su importancia requiere. Por iguales razones no nos ocuparémos de su cultivo especial, ni del modo de sembrar, etc., así como tampoco entrarémos en el estudio físico de ellos, que lo haríamos gustosos si no tuviéramos que ceñirnos á los límites de una memoria que lleva un objeto determinado, y que sería demasiado estensa; pero en cambio tendrémos que entrar de lleno en su estudio químico,

porque él nos ha de servir de guia para el objeto que nos proponemos.

Diferentes autores se han ocupado con feliz éxito del exámen químico de los trigos, citándose entre ellos á Peligot, Boussingault, y otros químicos no menos célebres, tanto de Francia como de los demás paises, pero este estudio tan minucioso solo se ha hecho de sus respectivos trigos, ó bien procedentes de otros paises, lo cual nos da una idea perfecta de la composicion de ellos, pero no así de la de nuestro suelo, cuyo análisis químico debería servir de base para el presente trabajo. Así que teniendo por necesidad que hacer un estudio comparativo y no encontrando datos para ello, puesto que quizá se hayan ocupado químicos españoles de cuestion tan importante, pero si tal sucede no ha llegado á nuestro conocimiento, ni se nos han dado indicios por los cuales hubiéramos buscado dónde se encontraban, solo tenemos algunos en los recientes trabajos de químicos ingleses, que al hacer el estudio de los que se consumen mas generalmente en su pais, nos dan idea, aunque vaga, de alguno de nuestro suelo, sin citarse la localidad.

En este estado, y faltándonos lo mas esencial á nuestro modo de ver, nos ha sido preciso emprender un trabajo que bien hubiéramos querido haberlo visto consignado por alguno de nuestros antecesores, porque en este caso nos hubieran evitado el mucho tiempo que á él hemos tenido que dedicar, no habiéndolo hecho con la detencion que la materia exigia, porque nuestras fuerzas no pueden compararse con las de hombres tan eminentes, y nos hemos tenido que limitar á efectuarlo de una manera incompleta con las especies que por conocido orígen se nos han proporcionado, limitándonos á determinar el nitrógeno y cenizas, y en estas los fosfatos que contenian, así como la cal y la magnesia; resultando de nuestro pequeño trabajo, que haciéndole estensivo á los demás cereales de nuestro pais puedan compararse, no solo entre sí, lo cual no hemos visto descrito en parte alguna, sino hacerse la comparacion con las análisis de trigo de otros paises que están descritas en varias obras y memorias, porque conociendo la importancia de la cuestion no tendríamos inconveniente en continuar gustosos esta clase de

investigaciones, si la presente memoria fuese digna de ser aprobada por la sábia corporacion á quien se dirije, para que en vista de los resultados obtenidos por el análisis, llegásemos á conocer nuestros cereales químicamente.

Bueno seria poder presentar bajo la forma de cuadros los resultados analíticos de los trigos de varios paises, pero nos tendrémos que limitar á exponer los trabajos de Boussingault, Peligot y Payen, porque son los únicos que á nuestro modo de ver tienen mas relacion con los de nuestro suelo que los de otros puntos, y su exposicion es mas sencilla y comprende mayor número de ejemplares, al paso que, si bien vemos en obras alemanas trabajos de esta naturaleza, se limitan á citar simplemente el agua, salvado y harina de muy pocos cereales, sin decir su orígen, que así puede ser aleman como de otras naciones, por lo cual nos dispensamos de darlos á conocer. Mr. Boussingault ha efectuado el análisis de 24 trigos diferentes, cuyo resultado puede verse por el cuadro adjunto, número 1.

Mr. Peligot ha hecho tambien el análisis de 14 trigos cuyos resultados se encuentran en el cuadro número 2.

Mr. Payen nos da á conocer la composicion de 5 trigos que ha analizado, como igualmente un ejemplar de centeno, avena, maiz, cebada y arroz, cuyos resultados están expuestos en el cuadro número 3.

La inspeccion del cuadro número 1.° nos da una idea general de la composicion de los trigos analizados por Mr. Boussingault, y de ella se deduce, que la cantidad de salvado varía entre 13 y 32 por 100; la de harina entre 61 y 87; y el nitrógeno se encuentra entre 2,4 y 3,4, viendo que el glúten se halla entre 13 y 21,2. Limitándose el autor á la determinacion de estos cuerpos no podemos conocer las cenizas, ni el ácido fosfórico que contienen. En estas 24 especies no se encuentra ningun trigo procedente de España; no obstante, á nuestro modo de ver, aun cuando entre ellos hubiese alguno, no podria mirarse su composicion sino como aproximada, estando en el mismo caso la de todos los comprendidos en el cuadro, por haber sido cultivados en un terreno de los mas fértiles del Jardin de Plantas de París; circunstancia que debe ser tomada en consideracion, porque desde luego

siempre queda duda si los trigos que no se hallan en condiciones tan favorables, como lo es el cultivo normal, tendrán la misma composicion.

En el cuadro número 2.° de Mr. Peligot, y entre las 14 especies que comprende, hay solo una de España; y si la comparamos con las demás del mismo cuadro, se podrá observar que, desgraciadamente, de tantas especies y tan buenas como nuestro suelo produce, fué á manos de tan célebre químico una de las mas pobres en glúten y almidon, siendo precisamente los cuerpos en que está basado su valor comercial; pero como por fortuna nuestros trigos son muy conocidos en los mercados estrangeros, los compradores los desean, y reconocen su verdadero valor sin tener en cuenta el resultado obtenido por aquel químico. Viendo que entre ellos hay otros de naciones distintas, algunos, como el de Odesa, rico en glúten y almidon, nos queda siempre la incertidumbre si se hallarán todos ellos en el caso desventajoso que el nuestro, ó. por el contrario, si habrán sido de los mejores que su pais haya producido.

De todos modos, este cuadro representa, mas bien que el conocimiento químico del trigo, la análisis de la harina; y no siendo nuestro objeto descender á estos detalles, si bien es muy importante este estudio para nosotros bajo el punto de vista que debemos mirar la cuestion, es sin embargo de un órden secundario.

El cuadro número 3 de Mr. Payen se encuentra en el mismo caso que el anterior, limitándose á presentar la análisis de 10 cereales diferentes, entre los cuales no encontramos tampoco ninguno de la Península, concretándose al análisis de las harinas respectivas; si bien en él vemos las de otros cereales, que nos servirán para compararlas con los nuestros aunque no esté espresada su procedencia.

CUADRO PRIMERO.

De los Trigos analizados por Mr. Boussingault.

NOMBRES DE LOS TRIGOS.	Aspecto de los granos.	Aspecto de la harina.	EN 100 DE TRIGO.		EN 100 DE HARINA.		
			Salvado.	Harina.	Nitrógeno.	Gluten y Albúmina.	Almidon, destrina y agua.
Triticum spelta mutica.....	delgados, pequeños.	gris, áspera.	21,9	78,1	3,3	20,6	79,4
— nonocoecum.....	medianos.	suave.	20,8	79,2	3,4	21,2	78,8
— de la Meca.....	córneos. largos.	amarilla, áspera.	32,0	68,0	3,3	20,6	79,3
— barbado y zarpas violado.	pequeños, oscuros.	muy áspera.	13,2	86,8	3,1	19,4	80,6
— de invierno.....	medianos.	suave, amarilla.	38,5	61,5	2,9	18,1	81,9
— de Revel.....	amarillos.	id. muy blanca.	14,0	86,0	2,5	15,6	84,4
— de Egipto.....	pequeños, duros.	gruesa, amarilla.	15 0	85,0	2,9	18.1	81,9
— grueso.....	id. id.	áspera.	15,0	85,0	2,8	17.5	82,5
— rojo de Roussillon.....	rojizos.	blanca, suave.	16,0	84,0	3,3	20,6	79,4
— Marcel.....	gruesos.	amarilla id.	21,5	78,5	2,5	15,6	84,4
— de Dantzik.....	tiernos.	blanca. suave.	24,0	76,0	3,1	19,4	80,6
— del Norte.....	bastante duros.	amarillenta.	20,5	79,5	3,0	18,7	81,2
— fino rojo de Foix.....	tiernos.	blanca, suave.	18,5	81,5	3,1	19,4	80,6
— de Smirna.....	blancos, duros.	id. áspera.	19,0	81,0	2,7	16,9	83,1
— Naypour (Bengala).....	id. id.	id. suave.	21,5	78,5	2,5	15,6	84,4
— Tangarok.....	pequeños.	id. id.	23,5	76,5	3,3	20,6	79,4
— córneo de Africa.....	grises, duros.	amarilla, áspera.	24,5	75,5	2,5	15,6	84,4
— del Cabo.....	gruesos, amarillos.	blanca, suave.	19,0	81,0	2,4	15,0	85,0
— de Rusia.....	rugosos.	amarilla id.	18,0	82,0	3,0	18,7	81,3
— cuadrado de Sicilia.....	pequeños, rojos.	id. áspera.	19,5	80,5	3,3	20,6	79,4
— gigante de Santa Elena..	duros, muy gruesos.	id. id.	25,0	75,0	2,8	17,5	82,5
— Subernae (Pirineos)..	id. id.	blanca, suave.	20,5	79,5	2,5	15,6	84,4
— grande espelta..... ...	muy grandes.	muy áspera.	26,9	73,1	3,1	19,4	80,6
— Mouret.....	rojizos.	áspera.	23,5	76,5	3,2	20,0	80,0

CUADRO SEGUNDO.

De los Trigos analizados por Mr. Peligot.

NOMBRES DE LOS TRIGOS.	Gluten y albúmina.	Materias grasas.	Almidon.	Dextrina.	Celulosa.	Sales.	Agua.	OBSERVACIONES.
Trigo blanco de Flandes	10,7	1,0	61,0	9,2	1,8	1,7	14,6	Delfinado, año 1841.
— Hardy White	12,5	1,1	59,1	10,5	1,5	1,7	13,6	Verrières, 1843.
— chamorro blanco de Provence	9.9	1,3	62,7	8,1	1,7	1,7	14,6	Trigo tierno, 1842.
— de Odesa	14.3	1,5	59,6	6,3	1.7	1,4	15,2	Mezcla de polaco y ruso.
— erizado	11,7	1,2	63,3	6,8	1,7	1,7	13,2	De marzo, 1842.
— rojo	10,6	1,0	63,3	7,8	1.7	1,7	13,9	Loire inferior, 1840.
— cónico	15,6	1,0	59,9	7,2	1,5	1,9	14,1	Verrières, 1844.
— id.	18,1	1,2	58,0	5,9	1,7	1,9	13,2	Id. año seco, 1846.
— del Mediodia	16,0	1,1	59,9	6,4	1,4	1,7	13,6	Aviñon.
— de Polonia	21,5	1,5	53,1	6,8	1,7	1,9	13,2	Muy duro, Verrières, 1844.
— de Banat	13,4	1,1	62,2	5,4	1,7	1,7	14,5	Hungria.
— de Egipto	20,6	1,1	55,1	6,0	1,7	1,7	13,5	Duro, granos pequeños, rojos.
— de España	10,7	1,8	61,9	7,3	1,7	1,1	15,2	Mezcla de duro y tierno.
— de Tangarock	13,6	1,9	57,9	7,9	2,3	1,6	14,8	Muy duro.

CUADRO TERCERO.

De los cereales analizados por Mr. Payen.

NOMBRE DE LOS GRANOS.	Almidon.	Gluten y sustancias nitrog.	Destrina, glucosa y sust. congéneres.	Materias grasas.	Celulosa.	Silice y fosfatos de cal, magnesia, sales solub., pot. y sosa.
Trigo duro de Venezuela.	58,12	22,75	9,50	2,61	4	3,02
de Africa.	64,57	19,50	7,60	2,12	3,50	2,71
de Tangarock.	63,30	20	8	2,25	3,60	2,85
semiduro de Francia.	68,65	16,25	7	1,95	3,40	2,75
blanco chamorro....	75,31	11,65	6,05	1.87	3	2,12
Centeno.....	65,65	13,50	12	2,15	4,10	2,60
Cebada.....	65.13	13,96	10	2,76	4,75	3,10
Avena.....	60,59	14,39	9,25	5,50	7,06	3,25
Maiz.....	67,55	12,50	4	8,80	5,90	1,25
Arroz.....	89,15	7,05	1	0,80	1,10	0,90

Nuestro trabajo, lejos de ser tan perfecto como los anteriores, ejecutados por químicos de tanto renombre, podrá servir no obstante para formarse idea algo mas completa de la composicion de los granos que han llegado á nuestras manos, procedentes todos de la Península. En ellos, como se verá, no hemos verificado segun lo han hecho los químicos citados, la análisis detallada de la harina, pero se ha hecho en cambio la determinacion de los principales cuerpos á que los trigos deben sus propiedades y su valor; porque si importante es conocer la composicion de la harina, no lo es menos saber la que cada clase de trigo puede suministrar, y su relacion con el salvado. Esta es la razon que hemos tenido para proceder á determinarla, cuya operacion se ha efectuado reduciendo á polvo por presion y frotacion un peso conocido de trigo, haciendo pasar el producto resultante por tamiz de seda hasta obtener un salvado limpio que no suelta nada á los dedos, en cuyo caso ha sido pesado, y por diferencia deducida la harina. Se ha tratado de pesar

tambien ésta, pero por precauciones que se tengan siempre hay una pérdida mínima de un 1 por 100, operando, como hemos hecho, con cantidades pequeñas de 20 á 50 gramos.

1.° El nitrógeno se ha determinado, no solo por la importancia que tiene, como ya hemos indicado anteriormente, y por dar valor á los granos, sino, en el caso actual, con objeto de ver la relacion en que se encuentra con el ácido fosfórico, la cual nos será preciso conocer para cuando entremos en la cuestion de abonos.

2.° De los diferentes métodos que la química nos suministra para su determinacion cuantitativa, hemos preferido el llamado de Mr. Peligot, no porque deba dársele la preferencia por su exactitud, sino por ser mas breve y de menos manipulaciones que el de Mr. Will, que es el conocido por mas exacto: no obstante, sabido es que los errores cometidos por aquel son insignificantes no tratándose sino de valores industriales, cuyas diferencias por su pequeñez no influyen en éstos.

El resultado que ponemos para este cuerpo es el término medio de tres análisis elementales, en que el entero y la primera cifra decimal son casi constantes, desechando todas las que no se encontraban en este caso, si bien las diferencias eran muy cortas.

3.° El glúten y sustancias nitrogenadas se han determinado, como aconsejan los químicos citados, por el cálculo, y para ello se ha tomado por base la composicion del glúten conteniendo 16 por 100 de nitrógeno. Hay que tener presente que este cuerpo está calculado para la harina, que es el estado en que se empleaba en las combustiones.

4.° Conocidas las sustancias nitrogenadas, por diferencia se han encontrado el almidon y sustancias solubles de las harinas.

5.° El agua se ha determinado desecando las harinas á 105° en la estufa de Gay-Lussac, con agua que tenia sal comun en disolucion.

6.° Las cenizas se apreciaron por carbonizacion y despues incineracion completa en horno de mufla, procediendo luego á la determinacion del ácido fosfórico, cal y magnesia; no habiéndolo efectuado con los álcalis por contar con pequeñas cantidades.

7.° El peso específico se encontró por medio del frasco de densidades con tapon terminado en tubo capilar.

8.° El peso del hectólitro ha sido calculado conociendo el de un volúmen determinado de trigo.

9.° Contándose en nuestro país por fanegas y hoy mas bien por el peso de éstas en libras, hemos espuesto las cifras calculadas por el peso del hectólitro, sabiendo la relacion que existe entre esta medida y la fanega; y en algunos se ha puesto bajo el nombre de encontrado el peso que se nos ha dicho tenia; de esta manera se puede ver bien, por lo poco que difiere en los pesos con los calculados, que podemos emplear aquel medio como muy aproximado cuando se opera sobre pequeñas cantidades.

10.° Se ha puesto el número de granos que hay en 1 litro, por ser necesario conocer esta cifra para la siembra.

Siguiendo los métodos indicados hemos conseguido analizar los cereales que se espresan en el cuadro 4.°, cuyos resultados presentamos bajo esta forma para su mejor inteligencia. Teniéndole á la vista podemos deducir varias consecuencias.

1.ª Hallamos en él que los trigos dan harinas desde 58 á 86 por 100, encontrando el número 3 procedente de Asturias, que solo ha dado 58, lo que está en relacion con su peso y con las cenizas que deja, debidas en gran parte á la capa cortical, pudiendo contar por término medio 75 por 100 de harina.

Si comparamos estos resultados con los del cuadro 1.°, vemos que nuestros trigos son abundantes en harinas, puesto que tienen próximamente lo que asigna Mr. Boussingault á los obtenidos con el mejor cultivo; y si no los presentamos mas ricos, es porque todos estos proceden de secano, y ninguno pasa de 96 libras por fanega: seguramente si los hubiéramos tenido de regadío, que no nos hemos podido proporcionar, y de algunos de secano que pasan de 100 libras por fanega, no hay temor en afirmar que se hubieran encontrado con mas harina.

2.ª El nitrógeno tambien existe entre 1,6 y 5,01, no pudiendo establecer relacion, como es facil, entre él y la harina que producen, por ser el almidon el que varia, puesto que, como sabemos, existe en la relacion con el nitrógeno en el gluten de 16 por 100. Se observa que el 3.°, que contiene poca harina, ésta es muy rica en nitrógeno; y el

número 2.°, de las inmediaciones de la Corte y de tierra poco á propósito, es el que da menos nitrógeno.

3.ª Las cenizas proceden, no de las harinas, sino de un peso conocido de granos, comprendiendo por lo tanto el salvado tambien; y se observa que están entre 1,2 á 2,5 por 100, si bien el término medio es de 1,764. El ácido fosfórico que contienen, así como la cal y magnesia, queda espuesto en las páginas 96 y 97, cuadros 1.° y 2.°

4.ª Su peso específico está entre 1,26 y 1,35 por término medio.

5.ª El peso del hectólitro varia entre 62 y 87 kilógramos, que corresponden á fanega.

Aun pudiéramos entrar en otras consideraciones examinando la relacion que existe entre las distintas sustancias que constituyen un mismo trigo, no haciéndolo porque sería alejarnos del principal objeto.

De la misma manera pueden compararse entre sí los resultados obtenidos para otros cereales, de que nos ocuparémos, aunque ligeramente, al hablar de ellos en particular.

Habiendo dado á conocer la composicion de los trigos, tanto extrangeros como de algunos nacionales, que hubiéramos deseado fueran en mayor número, pasarémos á estudiar cuáles son los terrenos mas á propósito para el cultivo de los cereales.

CUADRO *de la composicion de varios*

Números.	PROCEDENCIA.	Nombre.	Aspecto de los granos.	EN 100 DE TRIGO.		Aspecto de la harina.	N.°
				Salvado.	Harina.		
1	Trigo de las cercanías de Madrid.	Chamorro.	Blanco semiduro..	22,500	77,500	Blanca, suave.	2,906
2	Id. id. id.	Id.....	Id. tierno.....	23,490	76,510	Id. id.....	1,685
3	Id. de Asturias ..	Rubicon..	Negro, grueso, y duro.....	41,872	58,128	Gris, áspera..	4,067
4	Id. de Arévalo...	Candeal..	Blanco, grueso y semiduro.....	30,354	69,646	Blanca, suave.	2,721
5	Id. de Medina . .	Id.....	Blanco, semiduro.	33,186	66,814	Id. id.....	3,402
6	Id. de Paredes...	Id.....	Rojo, pequeño...	31,795	68,205	Id. id.....	2,550
7	Id. de Salamanca.	Id.....	Blanco, tierno.. .	30,640	69,360	Id. id.....	3,514
8	Id. de Torrejon de Ardoz	Id.....	Blanco, pequeño y tierno.....	14,007	75,993	Id. id..... .	3,614
9	Id. de las cercanías de Madrid.	Id.....	Moreno, pequeño.	25,220	74,780	Anteada, id..	3,124
10	Id. id. id.....	Chamorro.	Blanco id.....	24,180	75,820	Blanca, id....	3,254
11	Id. id. (fosfato de magnesia).....	Id.....	Id. regular.....	24,030	75,970	Id. id.....	3,361
12	Id. id. (id. de amoniaco).....	Id.....	Id. grueso.....	24,010	75,990	Id. id.....	3,702
13	Id. de Badajoz...	Rubicon...	Grueso, muy duro y semitrasparente.....	14,127	85,873	Agrisada, áspera.....	2,1
14	Id. de Salamanca.	Candeal..	Blanco, blando y grueso.....	18,715	81,285	Blanca suave.	3,1
15	Id. de Monjuich (Barcelona.)..	Negro....	Oscuro, semiduro.	23,620	76,380	Gris, id.....	5,01
16	Arroz de Hospitalet (Manila)....	»	Id. pequeño.....	»	100	Oscura, áspera	4,488
17	Id. de Valencia...	»	Blanco, grande...	»	100	Algo agrisada.	4,186
18	Maiz de Madrid..	»	Claro, grueso....	9,000	91,000	Amarillo claro	3,438
19	Cebada de Valdemoro	»	Blanco, grande...	39,350	60,650	Agrisada ...	2,587
20	Avena..	»	Delgado.....	72,045	27,955	Gris, áspera..	2,8
21	Centeno.....	»	Pequeño muy oscuro.....	21,277	78,723	Id. id.....	2,7

NOTA. Con objeto de poner todos los trigos á continuacion unos de otros, se ha

cereales de España y Filipinas.

EN 100 DE HARINA DESECADA.		Agua.	Cenizas.	EN 100 DE CENIZAS.			Peso específico.	Peso del hectólitro.	PESO DE LA FANEGA EN LIBRAS.	
Gluten y Albúmina.	Almidon y destrina.			P h. O_5	C a O	M g O.			Calculado	Encontrado.
18,12	81,88	12,16	1,623	42,261	3,17	25,15	1,31	80,07 k	96	»
10,53	89,47	9,49	1,769	41,131	3,11	23,05	1,287	78,29	94	»
25,41	74,59	11,18	1,969	41,894	3,39	17,21	1,297	87,83	105	»
17,00	83,00	10,56	1,855	40,314	»	»	1,31	70,26	84	90
21,26	78,74	11,68	1,849	42,412	»	»	1,28	71,85	86	90
15,93	84,07	9,22	1,782	41,324	»	»	1,26	73,93	89	91
21,96	78,04	10,79	1,838	42,194	»	»	1,35	71,20	85	83
22,52	77,48	10,55	1,657	17,93	0,92	10,75	1,334	79,03	95	94
19,47	80,53	11,05	1,825	44,36	2,28	13,04	1,354	80,56	97	»
20,29	79,71	9,85	1,258	42,236	2,76	22,63	1,272	76,10	91	»
20,95	79,05	11,60	1,312	42,715	3,03	24,58	1,287	79,42	95	»
23,05	76,95	10,84	1,297	43,024	3,09	25,33	1,306	80,57	97	»
13,12	86,88	9,60	2,018	26,36	2,53	21,29	1,311	79,89	96	96
19,25	80,75	10,38	2,557	38,39	1,37	10,15	1,363	80,54	97	96,5
31,31	68,69	10,69	2,056	30,66	»	»	1,273	77,09	92	»
28,50	71,50	12,49	2,618	35,8	1,26	17,99	1,358	80,46	96	»
13,66	86,34	14,54	1,198	33,2	1,27	10,21	1,452	84,57	101	»
21,36	78,64	11,97	2,741	42,23	1,63	13,42	1,263	69,83	84	»
16,16	83,84	9,48	1,300	36,045	1,40	7,28	1,3	62,08	74	»
17,50	82,50	9,25	2,593	43,364	4,04	9,29	1,286	50,8	61	»
16,87	83,13	9,48	4,160	46,017	1,33	4,22	1,355	75,629	92	»

invertido la numeracion del cuadro de las cenizas.

Terrenos para el cultivo del trigo.

Hemos dicho que el trigo era cosmopolita; y en efecto, vemos que se puede cultivar en paises y sitios diferentes, si bien los resultados no son los mismos, ni en cantidad ni en calidad; de aquí la conveniencia de que consignemos en este capítulo las tierras en que se puede cultivar, procurando concretarnos á la cuestion que resolvemos.

Los tierras de labor, ó todas aquellas que el hombre utiliza para la vegetacion, proceden por lo general de la descomposicion de las rocas que forman la base de nuestro globo, siendo muchas las causas que á ello contribuyen. Facilmente se comprende que descendiendo por las rocas torrentes de agua, ésta deberá arrastrar mecánicamente piedras mas ó menos grandes, que segun su peso iráu quedando á distancias tanto mas cortas cuanto que sean mayores, al paso que las partes mas pequeñas, siendo arrastradas á mas distancia, se depositarán en los valles.

La mayor parte de las tierras de nuestras ricas comarcas deben su orígen á la alteracion y descomposicion de las rocas graníticas. Constituidas, como sabemos, de cuarzo, feldspato y mica, mezclados entre sí, pueden muy bien, por diversas causas, experimentar una disgregacion, y verificar lo que acabamos de decir. A la vista tienen un ejemplo los habitantes de la Corte, con solo haber recorrido la distancia que media entre ésta y la sierra mas inmediata en cualquiera direccion, pero sobre todo en la de Buitrago; y podrán observar, que estando aquella constituida por el granito, en el que se encuentran asociados los minerales referidos, á poca distancia de su base los observamos ya separados en fragmentos de un tamaño algo grande, y á medida que nos separamos de este punto se les ve disminuir, y al llegar á las inmediaciones de la Corte ya son tan pequeños, y se

encuentran tan mezclados, que es difícil reconocerlos á la simple vista. Dejamos dicho que estando ya separados los minerales que constituian la roca primitiva, podrán alterarse mas fácilmente por la distinta superficie que al aire y agua presentan; y de aquí la descomposicion que experimentará el feldspato por estos agentes poderosos, dando orígen á la sílice, el cuarzo disgregado, la alúmina, cal, magnesia y hierro. Las rocas cuarzosas, dividiéndose por causas análogas, formarán terrenos de la misma naturaleza, y constituidos casi todos de tierra silícea.

De la misma manera las demás especies de rocas sufrirán iguales descomposiciones, y darán terrenos constituidos por sus detritus.

Siendo una de las principales causas, como vamos diciendo, la accion mecánica de las aguas, sucede que al mezclarse los torrentes que proceden de montañas de distinta naturaleza, arrastran sus respectivos detritus, y mezclándose aquellos para formar los rios, dejan éstos, despues de las avenidas, ó cuando por cualquiera circunstancia hayan variado de curso, terrenos formados por la mezcla de todas ellas, variando hasta el estremo su composicion, y dependiendo generalmente ésta del diferente peso específico y de la desigual afinidad para con el agua, siendo arrastrados los unos y descompuestos los otros. Entre los primeros está la sílice y el hierro; luego la cal, alúmina y magnesia: variando tanto mas, cuanto mayor sea la distancia de donde procedan, y notándose igualmente por lo general que esta mezcla es mas fértil que la de cada uno de los depósitos dejados por las diferentes aguas que se reunieron, corrigiendo naturalmente los defectos que tendrian separados. De este modo los terrenos silíceos, calcáreos y arcillosos separados son poco fértiles, y, por el contrario, su reunion constituye, segun su cantidad relativa, tierras de las mas feraces; de aquí la sencilla esplicacion de los hechos que se advierten en nuestra Península, en la que el terreno es muy variado, y en que tenemos grandes cuencas formadas por sierras de distinta naturaleza, y que efectuándose lo arriba dicho, y reuniéndose sus aguas, constituyen grandes rios, cuyos terrenos en la mayor parte están formados por los

detritus de aquellas quedando superficies de las mas fértiles. Díganlo si no los grandes valles formados por los rios Tajo, Duero, Ebro, Guadalquivir y Guadiana, cuyas tierras, constituidas de los diferentes elementos mencionados, forman comarcas ricas, sobre todo para la produccion de cereales; no así en las que están situadas á la falda de una sierra constituida por una sola roca, ó que sus aguas no se mezclen, que por lo general no son buenas para la produccion de cereales, ó al menos lo hacen en mucha menor escala, como pudiéramos probar con ejemplos que nos presenta la Península.

Sin embargo, observamos á veces que las cúspides de algunas montañas no muy elevadas, y cuyo orígen puede muy bien suponerse diferente del anterior, son muy á propósito para el cultivo de los cereales; y este caso se esplica por la accion contínua y lenta del aire y agua, dependiendo tambien del grado mayor ó menor de su permeabilidad y composicion. Así que las constituidas, entre otros compuestos, por la cal y el hierro, tenderán á pasar á carbonato de cal y de hierro, y esto mismo favorecerá la descomposicion auxiliada por la accion de las bajas temperaturas, que solidificando el agua, y aumentando esta de volúmen puede efectuar su disgregacion hasta el estremo de dividir rocas al parecer muy duras, á lo que tambien contribuyen los vientos que van separando las superficies disgregadas, y presentando otras nuevas á la sucesiva descomposion, que á su vez efectuada, puede en este estado ser útil á la vejetacion de los líquenes, los musgos y otras diferentes plantas, las que descompuestas tambien, despues de la muerte, van cediendo los factores que tomaron del suelo y los nuevos de la atmósfera á las que les suceden, y originando poco á poco las tierras vegetales, cuyas sustancias están ya bajo forma facilmente asimilable.

Esta descomposicion en efecto es lenta; pero en cambio, una vez efectuada pueden producirse terrenos de los mas fértiles. He aquí el orígen probable de las grandes comarcas tan feraces que encontraron los europeos en el nuevo mundo, las que han tardado muchos años en agotarse por las repetidas cosechas, recogidas las cuales, habiendo absorbido con mas actividad las sustancias necesarias para su existencia

que la reposicion que efectuaron los agentes de descomposicion que hemos esplicado, se necesitarian muchos años para que volviesen las tierras á su primer estado. Esto es lo que sucede en Europa; y de aqui que el hombre tenga que suplir, como verémos, las pérdidas que experimentan los terrenos que cultiva.

Explicada ya la formacion de las tierras ó suelos propios para el cultivo, y habiendo pasado rápidamente por los diferentes que se pueden formar, debiéramos ahora entrar en su clasificacion y caracteres particulares; pero esto sería separarnos de la cuestion principal, y solo deberémos decir que la capa mas superficial de estos terrenos se ha llamado por algunos capa ó suelo activo, siendo ésta mas ó menos profunda, pero comprendiendo solo lo que el hombre pone en movimiento por medio de los instrumentos agrícolas que emplea para este objeto, y suelo ó capa inerte á la que está inmediatamente debajo, que tiene la misma composicion que la anterior, y á la que no llegan ya las labores. Debajo de estas dos capas, que tienen la misma composicion, existe otra de naturaleza diferente, que se llama sub-suelo; y como es la inmediata al suelo que se cultiva, su naturaleza influye mucho por lo general, segun sea su mayor ó menor permeabilidad, en las propiedades del suelo tanto activo como inerte.

Todos los terrenos que se pueden cultivar están constituidos de mezcla de cal, sílice, alúmina, cantos y arenas de diferente naturaleza y en distintas proporciones, acompañados de *detritus* orgánicos animales y vegetales.

Atendiendo á los cuerpos predominantes, ó al orígen en algunos casos, se han clasificado los terrenos, cuya clasificacion daríamos á conocer si no la considerásemos como secundaria.

Todo terreno constituido por la mezcla de cal, alúmina y sílice tiene buena base para el cultivo; pero han de estar en convenientes proporciones, como harémos ver por la composicion de diferentes tierras en las que se producen buenos trigos.

A Bergmahn, que hizo el análisis de una tierra que producia buen trigo, le dió el siguiente resultado:

Silice en fragmentos.	30
Idem dividida.	26
Alúmina.	14
Carbonato de cal.	30
	100

Giover presenta otra tierra compuesta de.	Sílice.	77 á 79
	Alúmina.	9 á 14
	Carbonato de cal. .	5 á 12

Chaptal (1) nos cita ejemplos de buenas tierras constituidas por:

PRIMERA CLASE.		SEGUNDA CLASE.		TERCERA CLASE.	
Carbonato de cal.	28	Arena silícea. . .	52	Arena gruesa. . .	49
Sílice.	32	Id. calcárea. . . .	11	Carbonato de cal.	25
Alúmina.	39	Sílice.	10	Sílice.	16
		Carbonato de cal.	19	Alúmina.	10
		Alúmina.	21		
		Detritus.	7		
	99		100		100

Mr. Pelouze (2) nos cita varios ejemplos de tierras como las mas

(1) Química agrícola.
(2) T. 6, p. 558. Traité de Chimie générale.

á propósito para cereales, y entre las llamadas arenosas una para cultivo de centeno,

compuesta de	Arena.	90
	Arcilla.	9
	Humus.	1
		100

Entre las siliceo-arcillosas se citan cuatro constituidas por

	PARA CEBADA.			PARA AVENA.
	Primera clase.	Segunda clase.	Tercera clase.	
Arena.	60	65	70	75,0
Arcilla.	38	33	28	23,5
Humus.	2	2	2	1,5
	100	100	100	100,0

Entre las mas escelentes para la produccion de trigo, y refiriéndose á análisis efectuados por Thaer y Einhoff, nos cita el mismo autor las siguientes.

	Primera clase.	Segunda clase.	Tercera clase.
Arcilla.	74,0	81,0	79,0
Arena.	10,0	6,0	10,0
Calcárea.	4,0	4,0	4,0
Humus.	11,5	8,5	6,5
	99,5	99,5	99,5

Vemos por lo tanto la relacion en que están los diferentes cuerpos que entran á constituir las tierras en que se cultivan muy bien los cereales, en diferentes puntos que distan mas ó menos de nuestra Península.

Haciendo el análisis de algunas de las tierras que han producido los trigos cuya composicion acabamos de dar á conocer, verémos que tambien tienen una composicion análoga.

1.ª tierra, del trigo n.° 2. .	Arena silícea. . . .	44,4
	Arcilla.	47,4
	Parte soluble. . . .	2,5
	Humus.	4,3
	Calcárea.	1,4
		100,0
2.ª tierra, del trigo de Asturias.	Arena silícea. . . .	18,4
	Arcilla.	27,5
	Parte soluble. . . .	1,8
	Calcárea.	49,8
	Humus.	2,3
		99,8

3.ª tierra, en que se hicieron los ensayos de los abonos.	Arena.	26,04
	Caliza.	45,74
	Parte soluble. . .	4,52
	Arcilla.	24,01
	Humus.	1,84
		100,15

El análisis de una tierra procedente de San Sebastian (Vizcaya), en que se cultiva maiz, nos ha dado para su composicion:

Arena.	44,78
Arcilla.	50,00
Caliza.	1,80
Parte soluble.	2,05
Humus.	0,17
	98,80

Habiendo expuesto la composicion de las tierras que son las mas propias para el cultivo de los diferentes cereales, no estará de mas el dar á conocer las análisis que hemos efectuado de diferentes terrenos en que no se pueden cultivar estas plantas, y entre otras citarémos las de tres tierras procedentes de la provincia de Alicante, término de Elche, situadas cerca del mar, y muy impropias para el cultivo de cereales.

	Primera clase.	Segunda clase.	Tercera clase.
Arena.	26,04	10,93	8,76
Arcilla.	25,77	18,21	22,15
Sales solubles.	1,82	7,66	1,69
Carbonato de cal (1). .	2,99	57,97	63,25
Mantillo.	42,40	4,60	3,09
Pérdida.	0,73	0,63	1,10
	99,75	100,00	100,00

Comparándolas con las anteriores verémos, en efecto, que hay gran diferencia, sobre todo en la poca sílice, y la gran cantidad de calcárea, que las da propiedades físicas poco favorables para las exigencias del cultivo.

Con el deseo de hacer mas patente la necesidad que tienen los suelos propios para el cultivo de los cereales de que las sustancias que los formen entren en las proporciones dichas, citarémos el ejemplo de una tierra que hemos analizado, procedente de uno de nuestros terrenos esteparios, impropios, como sabemos, para los cereales, y procedente de la cuenca del Tajo, sitio en que solo prevalece el esparto, y término de Chinchon.

---

(1) Procedente en gran parte de restos de conchas.

Tierra de Chinchon sin desecarla préviamente contiene.	Agua.	13,00
	Sílice..	7,60
	Greda..	31,00
	Carbonato de cal.	4,36
	Yeso.	44,04
		100,00

Aún pudiéramos dar á conocer los resultados que hemos obtenido en el análisis de varias tierras de jardin reputadas como excelentes; pero esto sería apartarnos de nuestro principal objeto.

Hubiéramos deseado igualmente presentar mas análisis de suelos para cereales, efectuados con tierras de los trigos analizados; pero no nos es posible por no habérnoslas podido proporcionar por causas agenas de nuestra voluntad, habiendo preferido los trabajos que dejamos citados, y que representan un tiempo considerable empleado en realizarlos.

En todas las tierras, cuyas análisis hemos presentado, se ha reconocido y determinado el ácido fosfórico, que era el objeto de nuestras investigaciones, y los resultados no se han espuesto porque, como verémos mas adelante, son cantidades pequeñas, y hacen parte de la caliza y de la porcion soluble, cuya análisis se hace siempre por separado, y mas adelante tendrémos ocasion de darla á conocer.

Habiendo hecho ver, aunque de una manera sucinta, la formacion y composicion de las tierras de labor, y con especialidad aquellas en que deben cultivarse los cereales, no insistirémos en esta cuestion, recomendando, al que desee mas pormenores, consultar los trabajos de Mr. Boussingault sobre este punto.

Siguiendo un órden algun tanto cronológico, parece natural, teniendo ya elegida la tierra ó suelo de composicion química conocida, y con las circunstancias físicas indispensables, que no son de este lugar, pasar en seguida á utilizar estos terrenos, colocando en ellos las semillas de los cereales.

Relacion entre la semilla y la superficie.

No es nuestro objeto en el presente capítulo dar á conocer cómo se efectua la siembra, ni la época y labores que deben darse á las tierras; nada de esto creemos conduzca á nuestro propósito. Tratarémos solo de ver la cantidad de semilla que se deposita en la tierra, para comparar con lo que pueda producir, y sacar consecuencias que iluminen nuestra cuestion. Aunque se tengan buenas tierras, y de las mejores condiciones para el cultivo de los cereales, varía bastante la cantidad de semilla que se pone por unidad de superficie, dependiendo de la situacion particular en que se puedan encontrar los terrenos con relacion al clima, manera de labrarlos, por sus propiedades físicas, y segun el estado de fertilidad en que se encuentran.

Segun Mr. Boussingault (1), la relacion media en Francia es de 1,5 á 3 hectólitros por hectárea (7 á 14 cuartillas por fanega), no obstante que se tienen buenas cosechas con 2 hectólitros por hectárea (9 cuartillas por fanega); si bien es cierto que á veces se ponen á dos tierras contíguas y de iguales condiciones cantidades muy distintas de semilla, sin que haya razon para esplicar estas anomalías.

En nuestra Península puede decirse que tambien existen estas diferencias. Con objeto de estudiar esta cuestion hemos consultado varias obras, en las que no habiendo hallado los detalles que necesitábamos, nos hemos visto precisados á adquirirlos directamente, valiéndonos de agricultores que nos han suministrado varios datos que debemos tener como ciertos, por merecernos entero crédito las personas que se han servido complacernos desde los sitios cuyos nombres se citan. Hoy podemos presentar esta relacion de localidades diferentes, las que, para mayor sencillez y claridad, nos hemos tomado la molestia de reducir á hectáreas y á hectólitros, dispensándonos el hacerlo tambien en fanegas por el mucho trabajo que esto llevaría despues de la ope-

(1) Economie rurale, I, 408.

racion anterior, en que, como es bien sabido, en cada sitio puede decirse que son medidas diferentes las que hemos tenido que reducir á las ya dichas. El cuadro que esponemos, pág. 116, nos evitará el entrar en mas pormenores. Su inspeccion nos dice que en todas las localidades en él expresadas se pone la semilla en la relacion de $0^{hect.},64$ á $4^{hect.},79$, ó si se quiere por término medio de los 31 analizados, sensiblemente 1 hectólitro por hectárea (1 fanega y 2 celemines por fanega de tierra). Como se ve, estos datos difieren algun tanto de los indicados para Francia. Omitimos en este lugar las razones que unos ú otros tendrán para emplear estas cifras, limitándonos solo para la cuestion que resolvemos á exponer los hechos.

Veamos si hasta cierto punto puede existir alguna relacion entre estas cantidades tan diferentes, para que los agricultores tengan un tipo á que referirse sin que se les ocasionen pérdidas considerables, como las que suelen experimentar al carecer de un medio aproximado para las cantidades de semilla que deben emplear. Esta cuestion se puede indudablemente considerar bajo dos puntos de vista diferentes, segun que se tenga en cuenta el producto que da la unidad de superficie, ó que se tome por tipo la relacion entre lo producido y la semilla sembrada. Desde luego, si se siembran los granos muy juntos se obtendrá mayor cantidad por hectárea que si están mas separados: no obstante, hay siembras de esta naturaleza que á veces dan mas producto que las anteriores.

CUADRO *en que se espresa la siembra, produccion y relacion*

Números.	LOCALIDADES.	PROVINCIAS.	SEMILLA PUESTA POR HECTÁREA, ESPRESADA EN HECTÓLITROS. Trigo.	Cebada.	Centeno	Avena.	Maiz.
1	Vitoria	Alava	1,74	1,74	1,3	»	»
2	Cercanías	Albacete	0,78	1,56	0,52	»	»
3	Id.	Avila	0,78	1,56	0,52	»	»
4	Id.	Badajoz	0,72	1,08	0,36	0,72	0,36
5	Id.	Barcelona	1,01	1,73	1,73	»	»
6	Id.	Cáceres	0,78	0,98	1,18	1,18	»
7	Colmenar	Málaga	0,68	0,51	0,68	»	»
8	Cercanías. Campiña	Córdoba	1,13	2,64	1,00	»	0,37
9	Cercanías. Sierra	Córdoba	0,65	1,20	»	»	»
10	Cercanías. Estramuros.	Córdoba	1,13	2,65	»	»	»
11	Id.	Cuenca	1,44	2,16	»	3,12	»
12	Id. Vega	Granada	1,07	0,64	»	»	»
13	Id. Secano	Granada	0,64	0,64	0,80	»	»
14	Id.	Guadalajara	1,20	1,50	0,75	0,75	»
15	Molina	Id.	1,00	1,20	0,85	0,77	»
16	Tolosa. Sierra	Guipúzcoa y Vizcaya.	1,35	»	»	»	»
17	Cercanías. Secano	Leon	0,86	0,80	0,80	»	»
18	Id.	Madrid	0,78	1,29	0,64	0,43	»
19	Id.	Málaga	0,76	0,98	0,50	»	»
20	Miranda de Arga. Vega	Navarra	0,64	0,64	»	»	»
	Miranda de Arga. Secano	Navarra	0,86	1,07	»	»	»
21	Pamplona	Id.	0,64	0,86	0,86	»	»
22	Cercanías	Palencia	0,57	2,61	1,37	2,09	»
23	Id.	Id.	2,20	4,40	1,50	3,30	»
24	Id.	Pontevedra	1,85	1,85	2,77	»	»
25	Id.	Salamanca	1,06	2,12	0,41	»	»
26	Id.	Segovia	1,03	1,54	1,54	0,78	»
27	Id.	Teruel	4,79	»	»	»	»
28	Id.	Toledo	1,55	1,44	»	»	»
29	Id.	Valladolid	1,66	2,99	0,99	1,98	»
30	Id.	Valencia	»	»	»	»	»
31	Id.	Zaragoza	»	»	»	»	»
32	Id.	Ciudad-Real	1,27	1,27	0,43	»	»
	Término medio		1,17	1,57	0,98	1,51	0,36

de varios cereales de diferentes puntos de la Península.

Arroz.	PRODUCTO POR HECTAREA EN HECTOLITROS.					RELACION ENTRE LA SEMILLA Y EL PRODUCTO.				
	Trigo.	Cebada.	Centeno.	Avena.	Maiz.	Trigo.	Cebada.	Centeno.	Avena.	Maiz.
»	13,8	»	»	»	»	8,00	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	10.3	12,3	8,7	»	»	13,0	7,8	16,7	»	»
»	13,0	15.6	10,4	13,0	7,8	18,0	7,0	28,0	18,0	21,0
»	11,0	31,0	12,0	»	»	8,0	11,0	7,0	»	»
»	7,8	11,0	16,5	16,5	»	10,0	14,0	14,0	14,0	»
»	11,8	15,7	11,8	»	»	17,0	30,0	17,0	»	»
»	7,5	9,4	6,7	»	9,1	6,6	3,5	6,7	»	24,0
»	11,2	14,0	10,0	»	»	17,0	11,0	»	»	»
»	12,1	19,0	»	25,0	»	10,0	7,0	»	»	»
»	11,5	26,0	»	25,0	»	8,0	12,0	»	8,0	»
»	25,2	17,6	»	»	»	23,0	27,0	»	»	»
»	11,6	6,6	11,5	»	»	18,0	12,0	14,0	»	»
»	10,3	18,0	10,4	10,1	»	7,0	12,0	14,0	14,0	»
»	6,2	13,2	4,2	8,5	»	7,6	10,0	5,0	11,0	»
Sierra...	9,4	»	»	»	»	7,0	»	»	»	»
Secano.	10,3	24,0	20,8	»	»	11,0	30,0	26,0	»	»
	4,3					5,0				
Páramo.	6,0					7,0				
		»	»	7,0	»	7,7	13,0	7,7	16,0	»
»	7,6	8,0	7,0	»	»	10,0	8,0	10,0	»	»
»	21,0	33,6	13,3	»	»	13,5	21,5	8,5	»	»
»	11,7	25,0	12,5	»	»	7,5	16,0	8,0	»	»
»	10,4	12,3	7,2	»	»	16,0	14,0	8,0	»	»
»	10,4	15,3	12,4	12,3	»	8,0	5,8	8,0	6,0	»
»	8,8	24,2	9,2	20,1	»	4,0	5,0	8,0	5,5	»
»	9,25	9,2	13,8	13,8	»	5,0	5,0	5,0	5,0	»
»	9,32	25,43	5,5	»	»	8,8	12,0	8,66	»	»
»	9,3	26,2	15,4	5,4	»	6,0	17,0	17,0	7,0	»
»	15,31	46,0	»	»	k	8,0	16,5	»	18,0	20,0
»	8,8	14,0	»	»	»	5,6	9,0	»	»	»
»	11,8	31,0	9,8	16,0	»	7.0	13,0	10,0	8,0	»
»	»	»	»	»	»	15,0	18,0	15,0	»	»
»	»	»	»	»	»	15,0	18,0	15,0	»	»
»	12,7	19,1	15,24	»	»	10,0	15,0	12,0	»	»
»	7,73	19,36	11,11	14,39	8,45	10,2	13,37	12,05	10,8	21,6

Esta es la causa de que sea difícil dar reglas con este objeto, porque la práctica de cada localidad, si bien muchas veces rutinaria, es la que debe guiarnos, sobre todo cuando está relacionada con el producto que se obtiene y con el valor de los terrenos.

Sin embargo, pueden muy bien, supuesta esta práctica, obtenerse resultados muy diferentes en unos y otros años, á consecuencia del tamaño de los granos; y sabido es que estos varían en las diferentes cosechas: y si tomamos el mismo volúmen para la siembra resultará, que se pondrán mas semillas siendo pequeñas que cuando son de mayor dimension, y que saldrá mas espeso que lo que se esperaba. Con objeto de aproximarnos lo posible á la realidad, colocándonos todos los años en las mismas condiciones, se puede facilmente calcular la cantidad que deberá sembrarse, cualquiera que sea el volúmen de la semilla, y para esto suponemos que se hayan empleado 2 hectólitros por hectárea (9 cuartillas por fanega), habiendo próximamente 4 granos por decímetro cuadrado, que es cantidad algo escesiva, porque sería bastante 1,5 hectólitros por hectárea (7 celemines por fanega); pero sembrando á la mano la reparticion no se hace con igualdad, por lo cual se debe contar con 2 hectólitros. Fácilmente se puede calcular, bajo la base de 4 granos por decímetro, que se necesitarán 400 para 1 metro y 4 millones para una hectárea (2.600.000 por fanega). Basta para ello conocer los granos que contiene un litro, lo que se puede conseguir, ó contando los granos contenidos en 1 volumen conocido, ó bien hallando el peso de un número dado de granos, sabiendo de antemano el peso del litro.

En el primer caso formaremos la proporcion $v : n : : 1000 : x = \frac{1000\,n}{v}$ siendo v el volumen y n el número de granos que contiene.

En el segundo, caso planteando la proporcion $P : n$ de gramos $: : P' : x = \frac{P' \times n}{P}$, siendo P el peso de un volumen n de granos y P' siendo el peso del litro.

Aun cuando los dos métodos conducen al mismo resultado, nosotros para ver el número de granos contenidos en 1 litro de los trigos

que hemos analizado, hemos seguido el primero por ser mas breve, y servirnos la misma pesada hecha para el peso específico.

Estos cálculos sencillos pueden reportar economía en su aplicacion á las siembras, para poner todos los años la misma cantidad segun convenga, como puede hacerse manifiesto con el ejemplo siguiente.

Se sabe que una tierra ha dado buenas cosechas poniéndose á razon de 4 granos por centímetro cuadrado, y teniendo ahora un grano de distinto peso y volúmen, se desea sembrarle en la primera proporcion, y para ello se ha visto que 50 granos pesan $2^{gr},33$, y que el litro pesa 788 gramos; planteando la 2.ª proporcion será $2^{gr},33 : 50 : : 788 : x = 16909$ granos en litro, cifra que dividiendo por ella los 4 millones de granos que se necesitan, da 236 litros, ó sean 186 kilógramos de grano por hectárea (404 libras por fanega). Si con los datos anteriores queremos averiguar cuántos granos próximamente habrá en un decímetro cuadrado, segun la relacion de la semilla que se pone en nuestro pais, lo harémos facilmente, sabiendo que en 1 litro, que pesa 788 gramos, hay 16909 granos.

Poniendo 1 hectólitro ó $(16909) \times 100 = 1690900$ granos por hectárea, que tiene 1.000.000 centímetros cuadrados, corresponden á cada decímetro 1,69 granos, cantidad, como se ve, muy diferente de la que Mr. Boussingault nos da por término medio para Francia.

Produccion media.

Conociendo la cantidad de semilla que echamos en la tierra, ó sea la relacion del peso y volúmen del grano con la hectárea, veamos ahora la que existe entre estos granos y su producto.

Dificilmente puede expresarse esta relacion de una manera exacta, por ser muy variable la produccion atendidas las diferentes causas que á ello contribuyen, como son el clima, calidad de las tierras, abono que se ha puesto, modo de efectuar la siembra, cultivo especial que se ha usado, y cantidad de agua que pueda haber recibido.

Encontramos, en efecto, muchos ejemplos que los autores citan, en-

tre los cuales Mr. Gasparin (1), nos hace ver que en Tarascon, poniendo un peso conocido de abono (23.000 kilógramos) por hectárea, se pueden producir cosechas de 28 á 30 hectólitros, en otras sin abonar pueden recogerse 18 á 20 hectólitros, llegando algunas veces hasta 24, y descendiendo á 16. El mismo autor da una tabla en que manifiesta la produccion media y máxima de varias naciones, y en la cual se nota que en la California, en donde se siembra espeso, obtienen para las buenas cosechas 110 por 1, es decir, 220 hectólitros por hectárea, poniendo 2 de semilla, y en las malas de 30 á 40 por 1 ó 60 á 80 hectólitros por hectárea. Se considera como buena una cosecha de 42 hectólitros por hectárea.

En Francia lo general es 11,4 hectólitros por hectárea (31,35 fanegas por fanega de tierra) para el trigo; y rebajando la semilla, que se calcula en 2 hectólitros, son 9,4 (25,8 fanegas por fanega de tierra). Si de estos números tratásemos de sacar consecuencias para hacer aplicaciones ó comparar con nuestra produccion, no nos sería fácil efectuarlo con los anteriores datos, por no hacerse mencion de ninguno de España en los dos cuadros citados; notándose tanto mas esta falta, cuanto que en ellos se ven representados paises inferiores al nuestro en produccion é importancia, lo que nos indica lo poco que los sábios del inmediato imperio se han ocupado de nosotros; por cuya razon, y para llenar hasta cierto punto este vacío, puede consultarse el cuadro página 117, en el que consignamos la produccion media, y cuyos datos hemos obtenido por el mismo conducto que los anteriores.

Segun resulta de su inspeccion, son notables las diferencias que existen entre las distintas localidades, variando la produccion del trigo y demás cereales, como puede advertirse consultando el cuadro, en el que está consignada esta relacion, tomando por unidad la semilla, y viendo que puede variar entre 4 y 23 para el trigo, 3,5 y 30 para la cebada, 5 y 28 para el centeno, y la avena entre 5 y 18; habiendo sitios, como las vegas, en que la relacion es mayor. Debemos añadir que todos los cálculos se han efectuado segun los datos obtenidos para años me-

(1) T. 1, p. 670.

dianos, y de ningun modo con los que se han recibido para años buenos, en que hay algunos que llaman la atencion, sobre todo en los terrenos de regadío.

Tomando el término medio de toda la produccion que presentamos, puede muy bien espresarse sin grande error por 10, es decir, que 1 de semilla da 10 de grano, ó descontando aquella, 9, cifra que comparada con los 9,4 que nos dice Mr. Boussingault para Francia, resulta casi dupla la produccion en España, atendiendo á que se siembra la mitad, como se ha hecho ver.

Dejamos á la consideracion de las personas inteligentes en este ramo, si nuestros cálculos, ó mejor dicho, los datos que hemos tenido á la vista, son, como creemos, verídicos, apreciar esta diferencia, que tanto diria en favor de nuestro suelo, poco conocido de los estranjeros; y si se añade, como veremos luego, que en muchas localidades apenas reciben abono las tierras, ó si lo reciben es de un modo imperfecto, hay lugar á suponer que en el caso que el cultivo estuviese tan bien entendido como en otras naciones, nuestro suelo sería el tipo de los paises agrícolas.

Hubiéramos deseado completar este cuadro, y por tanto aproximarnos mas á la verdad, adquiriendo mayor número de datos, como teníamos puesto en práctica; pero muchos de ellos no han llegado á nuestras manos, y otros muchos que poseemos están imperfectos por la diversidad de medidas, que les hace ininteligibles, lo que nos ha impedido ciertamente llenar nuestro objeto cual debíamos.

Haciendo para la cebada las mismas consideraciones que con el trigo, vemos que la produccion media es 13,37, y la de centeno 12,05, y la avena resulta 10,8. No podemos repetir lo mismo para el maiz y el arroz, por los pocos datos que tenemos, como igualmente con el panizo, que solo se cultiva en localidades determinadas.

Sentadas ya las relaciones que queríamos demostrar, pasarémos rápidamente á considerar otra cuestion que tambien deberá tenerse presente para los cálculos posteriores.

Relacion entre la paja y el grano.

Segun los experimentos que hemos efectuado con los trigos señalados con los números 1, 2 y 3, podemos tambien presentar datos algun tanto exactos, que han sido hechos con detencion, los que nos eran indispensables para la cuestion que deseamos resolver, y los que espondremos brevemente en apoyo de lo que nos proponemos consignar en este artículo.

Resulta, segun la mayor parte de los autores, que la relacion entre la paja y el grano es variable, dependiendo de varias causas, puesto que si el año es lluvioso, por lo general hay mas paja que grano, sucediendo lo contrario en años secos. Mr. Boussingault deduce de sus experimentos hechos con productos procedentes de años opuestos, que en 1840 á 41 esta relacion era de paja 1000, grano 24, y en 1841 á 42, de paja 1000 y grano 90..... En años medianos por lo general tenemos 38 de grano para 100 de paja. Nosotros hemos expuesto ya esta relacion en los trigos que hemos cultivado, y pondremos otro ejemplo con los obtenidos en el campo lejos de poblacion, y en terrenos diferentes. Para ello se ha tomado un cuadrado en cada uno, de 2 metros de lado, procurando quedaran las plantas bien separadas, y habiéndolas segado al nivel del terreno.

La tierra primera era de 2.ª clase, y el año anterior habia estado á medio barbecho de guisantes. La 2.ª era tierra de mala calidad, habia estado á medio barbecho de algarrobas, estando en lo general muy clara. El número 3 procede de Asturias, habiendo tomado los mismos 2 metros de lado, siendo la calidad de la tierra de 2.ª clase, y estando sembrada en surcos separados, de suerte que puede alternativamente cultivarse otra planta entre dos de ellos. Los tres nos han dado los resultados siguientes para una hectárea.

	Paja.	Grano.	Relacion.
Núm. 1 del cuadro página 102. . .	3019k,7	1401k	1 á 2,147
Núm. 2 de id. id.	3015k,0	1545k	1 á 2,009
Núm. 3 de id. id.	2789k	966k	1 á 2,808

De ellos se desprende que si comparamos con el que Mr. Boussingault (1) nos presenta con relacion á diferentes paises, vemos que en esta parte tambien, por lo general, se halla favorecido nuestro suelo.

Conocida ya la produccion en trigo y demás cereales de una superficie dada de tierra, así como la composicion de aquellos y el ácido fosfórico que contiene, fácil nos es ahora pasar á otra cuestion altamente importante, y de la cual sacaremos aplicaciones.

Cantidad de ácido fosfórico que necesitan los cereales para su desarrollo.

Si pasamos la vista por el cuadro de la página 26 verémos la cantidad de ácido fosfórico que existe en 100 partes de ceniza; y como conocemos tambien la cantidad de estas que nos dejan los granos, determinaremos fácilmente el ácido fosfórico que hay en un peso conocido de cereales. Si recordamos lo dicho anteriormente, veremos que el ácido fosfórico representa una cantidad no despreciable en la composicion centesimal de las semillas.

Segun Mr. Saussure, 100 de ceniza de trigo contienen 32 de fosfatos solubles, y 44,5 de fosfatos insolubles, siendo el total de fosfatos que contienen 76,5.

(1) *Economie rurale*, I, 419.

La ceniza de la paja del trigo tiene tambien en 100 partes 11,5 de fosfatos.

Si con estos datos queremos averiguar la cantidad de ácido fosfórico que los trigos contienen por hectárea nos es muy fácil, puesto que sabemos que el producto, término medio, es, segun hemos demostrado anteriormente, en Francia, rebajando la semilla, de 9,4 hectólitros de trigo; y suponiendo que este pesa término medio 77 kilógramos, resultará aproximadamente 723 kilógramos, 8 de grano: y como hemos visto que contiene por término medio 1,7 de cenizas en los 723,8 kilógramos, 12,30 kilógramos de esta, los que calculando su composicion tendrán 3^k,936 de fosfatos solubles y 5^k,473 de fosfatos insolubles.

Por lo demostrado anteriormente, hemos admitido que el ácido fosfórico estaba bajo la forma de fosfatos de potasa, de amoniaco, de cal y de magnesia. Para los 3^k,936 de fosfatos solubles admitamos, en virtud de la gran cantidad de potasa que existe en las cenizas (pág. 26), que aun suponiéndola combinada con toda la sílice vemos que da un exceso, que deberá en parte estar combinado con el ácido carbónico que hay en pequeña cantidad en las cenizas, que podemos suponer está al estado de fosfato de potasa, puesto que el equivalente de la potasa, 47,2, es mas elevado que el del amoniaco, 17; y para ponernos en el caso mas desfavorable, supongamos que estos fosfatos solubles solo estén al estado de fosfato de potasa, puesto que la sosa existe en tan pequeñas cantidades, con cuya admision veremos el ácido fosfórico que hay en los 3^k,936 de fosfatos solubles, conociendo como sucede el equivalente del fosfato alcalino, el cual se deduce de su composicion $2KO, PhO_5$; $2(47,2)+71=165,4$ en cuyo caso $165 : 71 :: 3^k,936 : x = 1$ kilógramo 695 de ácido fosfórico.

Haciendo lo mismo con los insolubles, deberemos suponer que están bajo la forma de fosfato cálcico y magnésico, por ser este el estado bajo el cual podemos considerar se encuentra combinado este ácido.

Admitamos que en los 5^k,473 de fosfatos haya una tercera parte de fosfato de cal, opinion no muy desacertada si se tiene en cuenta

lo dicho anteriormente. En este caso tendremos 1,824 para el fosfato de cal, y 3,649 para el de magnesia: queda reducido á ver el ácido fosfórico que hay en esta cantidad de sales, lo que se efectua fácilmente por las dos proporciones siguientes:

1.ª $\overbrace{71+2(28)}^{\text{Equivalente del fosfato de cal.}} : \overbrace{71}^{\text{Equivalente del ácido fosfórico.}} :: 1,824 : x = 1,019$ de ácido fosfórico.

2.ª $\overbrace{111}^{\text{Equivalente del fosfato de magnesia.}} : \overbrace{71+40}^{\text{Equivalente del ácido fosfórico.}} :: 3,649 : x = 2,334$ de ácido fosfórico.

Si sumamos estos dos resultados, tendremos 3,353 de ácido fosfórico contenido en los fosfatos insolubles, los que á su vez unidos á los fosfatos solubles 1,693, serán $5^k,046$. Es preciso tener en cuenta el ácido fosfórico que existe en la paja producida, y para ello sabemos que en 100 de cenizas hay 11,5 de fosfatos; haciendo cálculos como en los casos anteriores, recordando que 100 de paja dan 3 de cenizas, y que la relacion de la paja al grano es como 100 á 38, resultará que los 9,4 hectólitros ó 723,8 kilógramos de grano darán 1904 kilógramos de paja, que contendrán 57,12 kilógramos de cenizas, en las que existirán $6^k,56$ de fosfatos representando 3,99 de ácido fosfórico, que adicionados á los anteriores darán $9^k,056$ de ácido fosfórico total que ha producido 1 hectárea.

Este cálculo, algo complicado, es el que se viene siguiendo mas generalmente para deducir la cantidad de ácido fosfórico necesaria para el desarrollo del grano y paja que se produce en 1 hectárea, fundado en la composicion que se asignaba á las cenizas. Veamos si se puede admitir el tomar la cifra $9^k,056$ de ácido fosfórico por hectárea, que nos ha resultado por el cálculo anterior. En nuestra opinion no debe seguirse este método, porque á mas de ser largo, está sujeto á

varias causas de error, siendo una de ellas la composicion misma de las cenizas, que analizadas como hemos tenido ocasion de efectuar para determinar el ácido fosfórico, se ha encontrado que su composicion difiere para cada grano, y en cantidades no indiferentes, como puede verse por el cuadro pág. 26, en que hay unas con 57 por 100 de ácido fosfórico y otras 1,7, y aún pudiéramos citar algunas con menos cantidad, lo cual desde luego nos conduce á recelar de la poca exactitud del método; habiendo además el inconveniente de tener que considerar la produccion media de 1,4..... cuando se ha hecho ver lo mucho que puede variar, como igualmente que el peso del hetólitro es de 77; siendo asi que segun vemos en el cuadro general éste difiere bastante segun los casos.

Para que se comprenda su inexactitud, pongamos un ejemplo práctico que sea una verdad, sin recurrir á suposiciones de ningun género, y cuyos resultados debemos admitir sin duda alguna.

Sea el trigo número 1 del cuadro general, y lo mismo pudiera hacerse con otros varios del mismo, cuyo estudio estenso se ha llevado á cabo.

1.° En 100 partes de sus cenizas hay 42,26 de ácido fosfórico; y como 100 de grano dejan 1,623 partes fijas, dicho está que:

100 : 42,26 : : 1,623 : x=0,685 de ácido fosfórico suminis-
Cenizas.-Acido fosfórico.- Partes fijas.

trado por 100 de grano.

2.° Hemos visto que este cereal nos ha dado por hectárea 1,401 kilógramos de grano y 3019,7 kilógramos de paja; hallemos ahora el ácido fosfórico que contiene diciendo.

100 : 0,685 : : 1401 kilógramos : x=9,59 kilógramos de ácido
Grano.-Acido fosfórico.

fosfórico contenido en el grano producido por hectárea.

3.° 100 de paja han dado 2,777 de cenizas, y resultando por el análisis que tienen 3,7 por 100 de ácido fosfórico, podremos establecer

100 : 3,7 : : 2,777 : x=0,102 de ácido fosfórico contenido en 100 de paja. Luego 100 : 0,102 : : 3019,7 kilógramos : x=3,08 kilógramos de ácido fosfórico, que con los 9,59 kilógramos que antes se han encontrado para el grano, resulta por hectárea

9,59 kilógramos en el grano,
3,08 kilógramos en la paja,

12,67 de ácido fosfórico que hay contenido en todo lo producido por la hectárea, de cuya cifra habrá que rebajar 0,47 kilógs. de ácido fosfórico que tenia la semilla, quedando reducido á 12,2 kilógs.

Haciendo los mismos cálculos para el número 2.° en vista de los datos, resulta 10,6 kilógs. para el grano y 3,7 para la paja, total 14,3 de ácido fosfórico por hectárea.

Comparando estos resultados con los 9,036 kils. calculados anteriormente, se verá el error que se comete siguiendo aquel procedimiento.

Si en vez de este caso práctico seguimos uno general, tomando por tipo, como se aconseja, los 9,4 hectólitros á 77 kilógramos el hectólitro ó 723 kilógs. producidos por hectárea, y queremos saber el ácido fosfórico que contienen, habrá que suponer 7 por 100 para las cenizas que dejen, ó lo que es lo mismo, 12,24 kilógramos de cenizas totales. No podremos seguir adelante sin el conocimiento del ácido fosfórico que hay en 100 de estas, y para ello no se puede dar término medio segun se deduce de nuestros análisis, ni por las tablas de Mr. Boussingault (1), en cuyo caso solo nos queda el medio directo y espedito por otro lado de determinar el ácido fosfórico de las cenizas, y si este nos resulta v. gr. 50 por 100, nos dará 6,345 kilógs. de ácido fosfórico para el grano de 1 hectárea. Tambien en el cálculo de la paja puede haber error, pero es muy pequeño, en atencion á que el ácido fosfórico no solo existe en menor cantidad, sino que sus variaciones son muy pocas, en cuyo caso puede muy bien calcularse como que dejan 3 por 100 de cenizas, y que estas contienen 4 por 100 de

(1) *Economie rurale*, I, 94.

ácido fosfórico, ó en total se ve que 2,2 de paja y 6,145 del grano igual 8,345 kilógramos de ácido fosfórico contenido en el producto por 1 hectárea, resultando menor que las anteriores, porque el producto por hectárea fué doble, como indican las cifras, que el adoptado como medio por Mr. Boussingault. Resulta de lo expuesto, que para calcular con aproximacion el ácido fosfórico producido por la hectárea, no queda medio mas exacto que ver el peso de un volúmen del grano producido, incinerar una pequeña porcion pesada, y ver el ácido fosfórico que contiene, lo que nos dirá, sabiendo el grano producido por hectárea, el ácido fosfórico total. Algunas veces se añade el de la paja, que puede calcularse en un máximum de 4.

Exactamente lo mismo se podria calcular el ácido fosfórico que contienen los demás cereales deduciéndolo de sus análisis, y teniendo en cuenta lo que hemos efectuado para el trigo. Segun Mr. Liebig (1), 100 kilógramos de trigo separan de la tierra 1,14 kilógramo el grano y 0,44 la paja, necesitando segun esto 1,58 kilógramo, que serán 1,21 kilógramo de ácido fosfórico por hectólitro; y suponiendo la hectárea 9,4 hectólitros resultarán 11,374 kilógramos para esta superficie, cantidad menor, como se ve, que la encontrada por la experiencia.

Habiendo dado á conocer la cantidad indispensable de ácido fosfórico que necesitan estos cereales, y viendo por lo que antecede lo que absorben de la tierra por las raices, debemos sacar por consecuencia, que por lo menos en las tierras debe existir esta cantidad.

Necesidad de añadir fosfatos á las tierras.

Anteriormente hemos indicado, no solo que las tierras contienen ácido fosfórico, sino que entraba en cantidades diferentes; así se ha dicho que tenian las estériles de la Bélgica 0,00005, y las fértiles de 0,0005 á 0,008; y sacarémos aplicaciones calculando por esta última la cantidad que hay en hectárea. Para ello tenemos que considerar solo el suelo activo hasta la profundidad de las raices, que es por donde

(1) *Química agrícola*, 171.

pueden ser absorbidos los fosfatos, suponiéndole de 0,2 metros de profundidad; y si la tierra pesa 1190 kilógramos el metro cúbico, claro está que los 2000 metros cúbicos que representará la hectárea pesarán 2.380.000 kilógramos, y contendrán 190 de ácido fosfórico, cantidad suficiente para poder dar 15,83 cosechas de á 12 kilógramos de ácido fosfórico por hectárea. Si calculamos por el mínimo que pueden contener las tierras fértiles, que es de 0,002 de ácido fosfórico, aún servirá para producir 4 cosechas.

Al considerar el número de cosechas tan crecidas que puede dar una tierra que tenga tan poco ácido fosfórico, debiéramos deducir por consecuencia que no hay necesidad de añadir estos compuestos sino en el caso que nada tengan; y sin embargo, la experiencia diaria nos demuestra lo contrario, lo cual depende de que por el análisis separamos todo el ácido fosfórico de los fosfatos bajo cualquier estado que éste se encuentre, al paso que las plantas no pueden efectuarlo si no se les presenta al estado soluble.

Se han demostrado las tres causas que pueden hacerlos llegar á este estado, y ahora vamos á convencernos que aún no bastan para disolver los que las tierras contienen, para lo cual empezarémos por la 1.ª causa, que es el ácido carbónico, considerándole en el agua de lluvia.

Se ha dicho que el fosfato de cal expuesto al aire no se altera, y que es muy poco soluble; pero le hemos visto disolverse no obstante en el agua de lluvia. Diferentes experimentos hechos con el fosfato bibásico de cal, con las cenizas de huesos, la fosforita de Logrosan, y el agua de lluvia, nos han probado que 100 partes en peso de esta pueden disolver

0,002	de fosfato calizo, que tiene..	0,001	de ácido fosfórico.
0,0406	de las cenizas de huesos, id.	0,003	de id.
0,0061	de fosforita, id.	0,002	de id.

De estos datos, deducidos de nuestros trabajos, podemos inferir la cantidad de agua necesaria para disolver el ácido fosfórico que la hectárea exige.

Sabemos que el agua que ha caido en forma de lluvia en los años de 1859 á 60 y 61 (1), siendo esta

En 8 meses de 1859.	302^{mm},3
En el año 1860.....	268 ,6
En el año 1861.....	265 ,2
Total.....	0^{m},8561

Es preciso tener en cuenta que de toda esta agua, solo podrá haber influido la caida durante los 8 meses de octubre á mayo inclusives, que es el tiempo que los cereales permanecen en la tierra, y que la lluvia restante tambien habrá disuelto una cierta cantidad, que no la tendremos presente para colocarnos en las condiciones mas desfavorables; calculando por los datos anteriores el agua que ha caido en los 8 meses indicados tendremos:

En 1859.....	0^{m},302^{mm}
En 1860.....	0 ,201
En 1861.....	0 ,320
Total.....	0^{m},823^{mm}

Si queremos saber la cantidad de agua de lluvia recibida por hectárea durante 3 cosechas, ésta será una masa de agua de 10.000 metros cuadrados por 0^{m},823, dando 8.230 metros cúbicos, y sabiendo que el centímetro cúbico de agua pesa 1 gramo, resultarán 8.230.000 kilógramos de agua, la cual por los datos anteriores podria disolver

164^{ks},6	de fosfato de cal.	82^{k},3	de ac. fosfórico.
3341^{ks}	de cenizas.....	216 ,0	id.
502	fosfato.....	164 ,5	id.

(1) *Anuario* del Observatorio astronómico de Madrid.

Si fuera bajo este estado al que el ácido fosfórico estuviese en la tierra, desde luego vemos que bastaba la lluvia para suministrarle en mucha mayor cantidad que la necesaria para las tres recolecciones, ó bien, que es mas que suficiente el agua que cae durante el año para proporcionar á las plantas el ácido fosfórico; pero no siendo esto así, y viendo que si no se fosfatan, á pesar del exceso de ácido fosfórico que hemos dicho contienen, llegan á esquilmarse en poco tiempo, indicando aún el análisis que contienen mas ácido fosfórico que el que pueden consumir en muchas cosechas, de aquí el deducir que en efecto no es bajo esta forma en la que necesitan los vegetales que se encuentre el ácido fosfórico; quiere decir, que existiendo como se ha visto el fosfato de cal en pequeña cantidad asociado al fosfato de hierro, no es suficiente aquel, sino que será necesario que haya un esceso de caliza ó de silicatos solubles, para que lentamente, en las condiciones expuestas, puedan efectuarse las metamórfosis dichas, con lo cual se explica sencillamente por qué si á una tierra no se añaden fosfatos fácilmente descomponibles por el agua de lluvia, como los tres citados, y algun otro, no produciria cereales aunque tenga ácido fosfórico para varias recolecciones, y aun cuando el agua se halle en exceso. Hay que tener tambien en cuenta, sin embargo, que gran parte del agua se evapora sin llegar á las raices, y además parte no es utilizada por caer mucha en poco tiempo, formando corrientes que arrastran en disolucion y suspension parte de los fosfatos que las plantas debieran utilizar.

Tampoco ha de echarse en olvido para estos cálculos, que durante el tiempo que es absorbido el ácido fosfórico de la semilla, que puede calcularse un mes, el agua no influye con relacion á los fosfatos, como se ha demostrado, de suerte que habria que deducir esta cantidad de agua.

Igualmente por lo que antecede no deberíamos tomar en consideracion el agua que cae en el último periodo de la vegetacion, que será otro mes, por haber visto ya una disminucion de un 25 por 100 del agua que se ha calculado.

Todas estas causas sumadas nos hacen ver que no basta el agua de

lluvia para disolver los fosfatos que tienen las tierras, y no pueden suministrar cereales sin nueva adicion.

2.° Como las demás causas que influyen en la solubilidad de los fosfatos lo hacen de una manera lenta, y si se trata de no adicionar abono orgánico no hay el carbonato de amoniaco que se necesita para la disolucion, de aquí que consideramos indispensable añadir fosfatos bajo cualquier forma, siempre que lleguen á hacerse solubles en las condiciones expresadas.

Esto nos lleva á admitir, que si bien en las tierras existe ácido fosfórico ó fosfatos que podemos llamar normales, no bastan, cuando se quiere tener cosechas reiteradas y abundantes, la accion que el aire y el agua ejercen lentamente sobre estos fosfatos para obtener nuevas producciones, si no se adiciona mayor cantidad, ó cesa de trabajar la tierra, en cuyo caso la accion seguirá lentamente, no habiendo quien se apodere de los fosfatos que van pasando á solubles, que quedarán en esta forma en la tierra para una nueva cosecha, lo que equivaldrá á adicionar nuevas cantidades. En la precision de tener que añadir fosfatos para las cosechas inmediatas, necesario será conocer su cantidad: pero como quiera que esta operacion se lleva á cabo por medio de los abonos, tanto minerales como orgánicos, nos ocuparemos de ellos aunque ligeramente.

Abonos.

En la agricultura se da este nombre á las sustancias orgánicas ó minerales que se añaden á las tierras para reparar, conservar y aumentar su fertilidad; de suerte que se comprenden bajo esta denominacion, lo mismo las arcillas y cales que el estiercol y la sangre, porque ellos tienen por objeto aumentar la produccion. Si bien todos contribuyen al mismo fin, hay algunos que reunen en mayor número los principios fertilizantes que exijen los vegetales, cual es el que se usa mas generalmente y cuyo precio es de los mas económicos, porque si algunos vegetales necesitan abonos particulares, estos son en pequeña escala, lo que hace *que el abono normal*, como es el estiercol de

cuadra, cuando procede de animales bien alimentados, y que tengan siempre buena y abundante cama de paja, presente todos los principios necesarios al desarrollo de los vegetales. Un abono de esta naturaleza contiene, no solo los elementos que necesitan las plantas, sino las sustancias minerales que se encuentran en su tegido; y se ve en efecto en este excelente abono, no solo el carbono, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno que necesitan las plantas, sino los sulfatos, los cloruros y los fosfatos, que hemos considerado indispensables para el crecimiento de los cereales. La ventaja de este abono consiste en que á la vez que contiene los elementos orgánicos, tiene tambien las sustancias minerales necesarias para el desarrollo de los órganos; así es que se ha llamado el *pan de las plantas*, porque, como éste, reune dos clases de sustancias. No basta en efecto poner como abono materias orgánicas que estén desprovistas, ó en que existan pequeñas cantidades de sustancias minerales, porque un abono de esta composicion no produciria resultado favorable. Por igual razon, si en una tierra estéril se ponen solo sustancias minerales, como la cal, el yeso, arcillas, y aun los *fosfatos naturales*, no se ve que produzcan buenos efectos. Es preciso por lo tanto la union de otras materias distintas, para que constituyan un abono como el llamado normal.

Formacion de los abonos orgánicos como disolventes de los fosfatos térreos.

—

Sabido es que las sustancias de orígen orgánico, cuando ya no están sometidas á las fuerzas vitales, cuando ya han dejado de existir haciendo parte de seres organizados, entonces empiezan á experimentar una série de modificaciones que tienen por objeto su alteracion, y terminan por la completa y aparente destruccion y desaparicion de la sustancia bajo la forma que antes tenia. Varias son las causas que á ello contribuyen, como son, la humedad, el contacto del aire y cierta temperatura, indispensables las tres para que las sustancias se alteren, y faltando cualquiera de ellas, no experimentan cambio alguno. De nada sirve, en efecto, que se ponga una sustancia organizada al aire si este

está seco, como igualmente con agua si no tiene aire, ó se la mantiene á temperatura baja. Todos conocen perfectamente estos hechos, si bien algunos no han profundizado el origen de estas alteraciones, que son mas complicadas y mas activas cuanto la naturaleza de la sustancia es tambien mas compleja. Esta descomposicion tiene por objeto formar nuevos compuestos cada vez mas sencillos, terminando por tomar la forma de los cuerpos inorgánicos; así que las sustancias organizadas aun la mas complicada que concibamos, terminará por convertirse en ácido carbónico, agua y amoniaco cuando la sustancia es nitrogenada. Si el azufre hiciera además parte de ella, tomaría la forma de ácido sulfhídrico, que con el amoniaco nos daria el olor característico que se nota en toda putrefaccion, yendo acompañado del carbonato de amoniaco, y formándose los ácidos acético, láctico y butírico, que se unen á él tambien, y nos hace bien perceptibles el sentido del olfato, aun cuando no tuviere la química medios bien seguros para ponerlos de manifiesto. Nada mas sencillo que presentar un ejemplo de esta naturaleza, que al mismo tiempo haga ver estas alteraciones, y pueda servir de aplicacion para lo sucesivo.

En la orina del hombre y de la mayor parte de los mamíferos se encuentra una sustancia denominada urea, la que está constituida de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno. Esta se halla mezclada en la orina con el mucus de la vejiga, sustancia que á su vez se altera fácilmente al aire, y se trasforma en un verdadero fermento con relacion á la urea, la cual bajo su influencia se apodera de cierta cantidad de agua, la que entra tambien á hacer parte de esta descomposicion, y se cambia en carbonato de amoniaco, como lo espresa la ecuacion siguiente.

$$\underset{\text{Urea.}}{C_2NO,NH_3,HO} + \underset{\text{Agua.}}{2HO} = \underset{\text{Carbonato de amoniaco.}}{2(NH_3,CO_2)}$$

De cuya ecuacion puede deducirse cuánto carbonato de amoniaco nos darán 100 partes de urea, valiéndonos para ello de los equivalentes respectivos.

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}C_2 = 12\\ N = 14\\ O = 8\end{array}\right\} -34\\ \left.\begin{array}{l}N = 14\\ H_3 = 3\end{array}\right\} -17\\ \left.\begin{array}{l}H = 1\\ O = 8\end{array}\right\} -9\end{array}\right\} = 60 \text{ equivalente de la urea.....}\\ \left.\begin{array}{l}H = 2\\ O_2 = 16\end{array}\right\} -18 = 18 \text{ equivalente de 2 de agua.....}\end{array}\right\} 78$$

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}N_2 = 28\\ H_6 = 6\end{array}\right\} -34 = \text{equivalente de 2 de amoniaco.....}\\ \left.\begin{array}{l}O_4 = 32\\ C_2 = 12\end{array}\right\} -44 = \text{equivalente de 2 de ácido carbónico.}\end{array}\right\} 78$$

Viendo por lo tanto que 60 de urea pueden ocasionar por su descomposicion 78 de carbonato de amoniaco, se dirá:

$$\underset{\text{Urea}}{60} : \underset{\text{Carbonato}}{78} :: \underset{\text{Urea}}{100} : \underset{\text{Amoniaco.}}{x} = \frac{7800}{60} = 130 \text{ de carbonato de amoniaco.}$$

ó lo que es lo mismo, 1 de urea da 1,3 de carbonato amoniacal. Esta descomposicion, que se explica con tanta claridad, no la experimentan todas las sustancias nitrogenadas que se alteran generalmente, pasando por una série de compuestos antes de llegar á la forma de sales de amoniaco. El azufre y fósforo que hacen parte de muchas sustancias orgánicas, aunque entrando en pequeña proporcion, no son los únicos que dan el olor tan pronunciado y fétido de ácido sulfhídrico, y algun tanto fosforado, sino que en gran parte proviene éste de la alteracion que experimentan los sulfatos y fosfatos por el contacto de las sustancias nitrogenadas en descomposicion, reduciéndose en parte, y pasando al estado de sulfuros y fosfatos, que por la accion del ácido carbónico de la atmósfera, y del que se produce en la putrefaccion, desprenden el ácido sulfhídrico y fosfuro hídrico. Esta reduccion tiene por causa que el carbono de los compuestos nitrogenados que se alteran

tiende á formar ácido carbónico, tomando el oxígeno, no solo de las sustancias de que hacía parte, sino tambien del que contiene el agua y el del ácido sulfúrico de los sulfatos, poniendo en libertad al hidrógeno, el que combinándose con el azufre que se encuentra al estado naciente (acabado de separarse del oxígeno con el que estaba unido) forma el sulfhidrico, que á su vez se une con las bases que estaban en forma de sulfatos, para dar sulfuros metálicos y agua, cuyas reacciones, para mayor claridad, pueden ponerse en forma de ecuacion.

1.ª $2\,C + H\,O + Ca\,O\,S\,O_3 = 2\,C\,O_2 + S\,H + Ca\,O.$

Agua. Sulfato de cal. Acido carbónico. Sulfhídrico. Cal.

2.ª $S\,H + Ca\,O = Ca\,S + H\,O.$

Sulfhídrico. Cal. Sulfuro de calcio. Agua.

Estos sulfuros, en presencia del ácido carbónico que sè ha formado y continua desprendiéndose por la primera reaccion, y del agua, que hemos visto formarse, originan el sulfhídrico, y forman carbonatos, cuya reaccion puede expresarse por esta ecuacion:

3.ª $Ca\,S + H\,O + C\,O_2 = Ca\,O, C\,O_2 + S, H.$

Sulfuro de calcio. Agua. Acido carbónico. Carbonato de cal. Sulfhídrico.

Estas reacciones nos explican perfectamente los fenómenos que se observan en la descomposicion de las materias orgánicas, puesto que podemos recoger los gases que en ella se desprenden, y encontraremos el ácido carbónico en exceso, así como el ácido sulfhídrico que puede separarse en parte al estado libre, y en parte se encuentra convertido en sulfhidrato de amoniaco, que es volatil; al mismo tiempo que el resíduo que va quedando contiene cada vez mas carbonato de cal, cuando antes apenas existia, como se puede hacer ver fácilmente sin mas que incinerar el estiercol fresco, cuyas cenizas contienen muy pocos car-

bonatos, y sí sulfatos y fosfatos; pero si despues de concluida la putrefaccion, cuando la sustancia primitiva se ha trasformado en mantillo, se añade una pequeña cantidad de ácido clorhídrico, se verá desprenderse gran cantidad de ácido carbónico, lo que no efectuaba la misma sustancia tratada de igual manera antes de su descomposicion, y solo en sus cenizas se reconocia una pequeña cantidad. Esta disposicion que tienen las sustancias nitrogenadas para alterarse tan fácilmente es debida á la presencia del nitrógeno, y á su tendencia á combinarse con el hidrógeno, cuando está naciente, para dar amoniaco, que siendo á su vez base enérgica, se une á los ácidos dando sales, la mayor parte volátiles y de olor característico, que ocasiona gran pérdida de amoniaco ó de nitrógeno, que tan útil es al desarrollo de las plantas. Esto ha hecho que se tratara de fijar esta base por medio de cuerpos que pudiesen dar una sal fija, y en este concepto es como se ha empleado el sulfato ferroso, que se convierte en sulfato de amoniaco, y en carbonato de hierro. Por otra parte, el sulfhidrato de amoniaco dará tambien sulfato de amoniaco y sulfuro de hierro, sustancias ambas que carecen de olor, y de aquí la propiedad que se asigna al sulfato ferroso como un buen desinfectante, y de fácil aplicacion, no solo á la agricultura, sino á la salubridad pública (1).

Las siguientes fórmulas nos esplican estas reacciones.

1.ª $N H_3 H O, C O_2 + Fe O, S O_3 = N H_3 H O, S O_3 + Fe O C O_2$

Carbonato de amoniaco. Sulfato de hierro. Sulfato de amoniaco. Carbonato de hierro.

2.ª $N H_3 S H + Fe O, S O_3 = N H_3 H O, S O_3 + Fe S.$

Sulfhidrato de amoniaco. Sulfato ferroso. Sulfato de amoniaco. Sulfuro de hierro.

Una descomposicion algun tanto análoga á la que acabamos de explicar con relacion á los sulfatos, experimentan tambien los fosfatos, si bien estos resisten mas á la accion reductora del hidrógeno, formándose pe-

(1) *Anales agronómicos*, *t.* 11, pág. 392.

queñas cantidades de fosfuro hídrico muy dividido, quedando por otro lado parte de los fosfatos sin descomponerse, al paso que otra porcion de ellos, en presencia del ácido carbónico que se desprende en su íntimo contacto, así como de las sales de amoniaco, cuya formacion acabamos de estudiar, se descompone por las propiedades ya indicadas, y pasan al estado soluble cuando son alcalinos, ó si son térreos, se disuelven por la accion del ácido carbónico. Estos hechos nos pueden dar una esplicacion sencilla de por qué razon un mantillo nos produce mucha mayor cantidad de fosfatos solubles que un estiércol fresco, como fácilmente se comprueba, segun lo hemos efectuado, sin mas que desecar igual peso de estas sustancias á 100°, tratarlas en las mismas condiciones, primero por agua á la temperatura ordinaria, y despues el resíduo por un ácido, y se reconoce que en el mantillo existen tanto los fosfatos solubles como los insolubles en mayor cantidad que en el estiércol que le dió orígen, como manifestarémos mas adelante al presentar los resultados numéricos.

En vista de estos hechos, que se hacen evidentes con la mayor sencillez, se podrá probar fácilmente que cuando se trata de utilizar esta reaccion para tener fosfatos solubles, no debemos emplear como desinfectante el sulfato ferroso, porque este compuesto, que sabemos produce sulfato de amoniaco, nos ha ocasionado igualmente, segun la 1.ª reaccion, una cantidad de carbonato de hierro, que en presencia de los fosfatos, que con tanta facilidad como economía se habian hecho solubles, se descompondrá, dando á su vez carbonato alcalino y fosfato de hierro, mas insoluble aún que los térreos. Esta reaccion se puede representar por la siguiente ecuacion:

$$2\,FeO\,CO_2 + 2\,KO,\,PhO_5,\,HO = 2\,KO\,CO_2 + 2\,FeO,\,PhO_5,\,HO$$

Carbonato de hierro. Fosfato de potasa. Carbonato de potasa. Fosfato de hierro.

Este último compuesto de fosfato de hierro no es soluble, ni le pone en este estado el ácido carbónico, como no sea en agua muy cargada, y aún así lo efectua con mucha dificultad; por lo cual, si queremos fijar el amoniaco valiéndonos de este medio, será á espensas de los fos-

fatos que se habian hecho solubles, y por el contrario, si deseamos tener fosfatos solubles, como es el caso en que nos encontramos, deberá ser á espensas de perder algo de amoniaco. En esta alternativa, fácil nos será optar por lo segundo, supuesto que si bien es sensible la pérdida del nitrógeno, que tanto contribuye al desarrollo de los vegetales, en cambio este elemento existe bajo otros estados en los cuales le pueden tambien asimilar las plantas; no así á los fosfatos, qué, como hemos dicho anteriormente, su disolucion es lenta cuando solo están expuestos á la accion del aire, y á las mutuas descomposiciones que dejamos indicadas. En este caso, y segun la aplicacion que el agricultor quiera dar al abono, así podrá preferir uno ú otro método en vista de las necesidades de las plantas que quiera cultivar; pero si se trata de los cereales, en este caso le aconsejaríamos no intentase fijar el amoniaco, porque aun despues de la completa descomposicion que trasforme al estiércol en mantillo, existe en este una cantidad bien notable de amoniaco, ó al menos de nitrógeno, como se hace sensible con solo calentarle en un tubo con un poco de cal, y se reconoce el amoniaco por medio del ácido clorhídrico, el papel enrojecido ó él de cúrcuma. Nosotros hemos tenido ocasion de repetir estos experimentos desde el estiercol que empieza á descomponerse hasta el mantillo de cuatro años, y en todos los casos se ve claramente la existencia de este cuerpo, que indudablemente, por causas que pertenecen á otro sitio, deberá estar bajo la forma de nitrato de amoniaco, que tambien, como el sulfato de esta base, es soluble y no volátil; descubriéndose aquí cómo la sábia naturaleza ha previsto todos estos fenómenos en relacion á las necesidades de las plantas: no de otro modo se podria concebir aun en el dia la gran cantidad de cereales que se cultivan. La divergencia en que se encuentran químicos y agrónomos en esta parte es acerca del periodo de la descomposicion en el que debemos emplear los abonos; y esto tratarémos de esponerlo mas adelante, limitándonos ahora á estudiar la putrefaccion. Vistos ya los productos que se originan por la descomposicion de las sustancias nitrogenadas, y las aplicaciones á que estas dan lugar, debemos tambien tener en cuenta, que asociadas á estas sustancias se hallan otras que carecen de nitrógeno, lo cual hace

que su descomposicion en casos iguales sea mas difícil y mas lenta, dando productos diferentes. Así vemos la facilidad con que se descomponen las hortalizas, ricas en nitrógeno, como la col, coliflor, etc., y la dificultad con que lo efectua la paja, que contiene una pequeña cantidad. No obstante, tambien esta se altera en un principio por la presencia del poco nitrógeno, pero despues que este ha modificado parte de la celulosa inmediata, vemos que la descomposicion se detiene, y permanece mucho tiempo sin alterarse al parecer, si bien lo efectua lentamente. La celulosa, que contiene la paja, se encuentra en una situacion muy análoga al azúcar que no ha tenido el fermento necesario para convertirse en alcohol, puesto que es bien sabido que si ponemos un poco de levadura con un esceso de la indicada sustancia se descompondrá en gran parte, pero quedará una porcion sin alterar: y en este mismo estado se puede considerar que se encuentra la celulosa de la paja con relacion al nitrógeno ó cuerpos que le contengan.

La sucesiva alteracion de estas sustancias no nitrogenadas, despues del primer periodo que acabamos de indicar, es distinta de las estudiadas anteriormente; y así es, que al dejarlas expuestas en contacto del oxígeno del aire, de la humedad, y á la temperatura de 20 á 30°, absorben fácilmente el oxígeno, que se une al hidrógeno y carbono dando agua y ácido carbónico.

Si las sustancias no nitrogenadas están en gran cantidad, y acumuladas, entonces la temperatura que se produce por efecto de la combinacion del oxígeno, que no puede ser variada en el interior como se efectua en la superficie, hace que sea mas elevada en el centro ó á cierta profundidad, y que esta misma sea causa para activar la descomposicion; y de igual manera puede muy bien á la combustion lenta suceder una combustion activa, y aun producir fuego en el interior, que á veces no tarda en comunicarse al exterior, como hay algunos casos que lo demuestran, no solo con la paja húmeda, sino con cuerpos análogos, como los trapos humedecidos, que mas de una vez han producido incendios en las fábricas de papel donde estaban amontonados en gran cantidad. Se demuestra que tanto en el primer caso como en el segundo se desprende bastante ácido carbónico en la descomposicion lenta y

activa: de aquí el nombre que se ha dado á esta alteracion, al parecer invisible, por no presentar los caractéres manifiestos con que vemos aparecer la combustion activa.

La alteracion de la materia orgánica en estas circunstancias por la accion del oxígeno del aire, difiere en sus resultados de la efectuada en medio de un líquido; así se ve que el glúten contenido en los granos de los cereales, si se sumerge en el agua, se descompone tambien desprendiendo gas hidrógeno, lo cual no efectua cuando está solo en contacto del aire. Igual fenómeno nos ha demostrado Berthollet cuando afirma, que un cuerpo nitrogenado que se descompone en contacto del aire, no cede nunca hidrógeno ni nitrógeno á la atmósfera en que se encuentra colocado. A su vez Saussure (1) ha probado que las sustancias orgánicas, cuando están en el período en que no desprenden hidrógeno, se descomponen espontáneamente, aun hallándose en un sitio en que no haya oxígeno, y si se colocan en una atmósfera en que exista, no se verifica ningun cambio de volúmen; habiendo observado que estas mismas sustancias, por el contrario, condensan oxígeno cuando están en el período en que desprenden hidrógeno. Continuando el estudio de la descomposicion, ha llegado á descubrir á su parecer la causa de esta condensacion, suponiendo que una sustancia orgánica cuando se descompone puede convertirse hasta cierto punto en un agente, como lo hace la esponja de platino cuando se la coloca en una mezcla gaseosa de hidrógeno y oxígeno. Se sabe en efecto que si al platino se le introduce caliente en una mezcla semejante, favorece su combinacion en las proporciones convenientes para constituir el agua. Si se sustituyen al metal granos de trigo que se les haya humedecido, y anteriormente se les haya quitado la facultad de germinar, se produce el mismo efecto, y se combinan estos gases hasta que haya desaparecido completamente uno de ellos.

Las sustancias organizadas, como maderas, paja, etc., cuando se han separado del vegetal, y están ya fuera de la accion de las fuerzas vitales, espuestas al aire húmedo, concluyen por trasformarse en una

(1) *Recherches Chimiques*, p. 156.

sustancia oscura, cuando conserva humedad, y friable cuando está desecada, la cual recibe el nombre de mantillo, siendo el resultado de la descomposicion de las materias orgánicas, y asemejándose mucho á las sustancias del reino mineral, cualquiera que haya sido su orígen. Esta sustancia tiene sin embargo caractéres para poder ser considerada como un compuesto orgánico: continuando aún el oxígeno del aire obrando sobre ella se efectua una combustion lenta, que produce ácido carbónico y agua, de un modo exactamente igual á lo que verifican las sustancias nitrogenadas. Podemos decir que estas sustancias, alterándose fácilmente por su nitrógeno, cuando éste ya ha dado los compuestos indicados, las partes que hay de celulosa resisten esta descomposicion, pero despues lo efectuan lentamente, por cuya razon, en el último período no se observa desprendimiento de gases odoríferos, sucediendo lo propio á las sustancias que no tienen el nitrógeno.

Si ponemos en una campana y en contacto de aire el serrin de la madera humedecido, se observa al cabo de dos ó tres meses que se forma ácido carbónico, sin cambiar visiblemente el volúmen del gas, y la superficie se va oscureciendo cada vez mas. En esta situacion se puede probar que el serrin, y lo mismo todas las maderas, no toman nada de oxígeno del aire, solo le trasforman en ácido carbónico, como si el carbono solo fuese el que se combinase con el oxígeno, puesto que el volúmen de la mezcla no varia. Sin embargo, la pérdida que experimentan en este caso las maderas por su contacto con el aire es mayor que si fuera solo eliminado su carbono: de aquí deduce Saussure, que al mismo tiempo se separa el agua de constitucion, puesto que es bien sabido que en estos cuerpos el hidrógeno y oxígeno se encuentran en la misma proporcion que en el agua.

Viendo que la pérdida de peso de las maderas, celulosa, etc., colocadas en esta situacion, es mayor que la debida solamente al carbono que se trasforma en ácido carbónico, es de suponer que la cantidad relativa de este elemento deberá ser mayor á medida que la exposicion es mas prolongada. Esto se puede demostrar fácilmente por medio del análisis, que nos hace ver que el hidrógeno y oxígeno van disminuyendo, con relacion al carbono, á medida que la exposicion es por mas

tiempo. La misma serie de fenómenos se observa cuando se ponen estas sustancias con cuerpos oxidantes, lo cual nos esplica por qué los álcalis en pequeña cantidad contribuyen mucho á determinar esta descomposicion de las materias orgánicas, hallándose algunas que no esperimentan gran alteracion si aquellos no intervienen para producirla.

El empleo de esta clase de cuerpos como medio de activar la destruccion de las materias orgánicas, es bien conocido de los agricultores; y sabido es tambien que en algunos casos lo aplican poniendo la paja y heno en capas alternando con la cal viva, para facilitar la disgregacion, y por consecuencia su descomposicion.

Un carácter peculiar á todas las sustancias en descomposicion es, que á medida que su alteracion adelanta, y se van convirtiendo en mantillo, aparece una sustancia oscura, poco soluble en el agua, y sí en los álcalis débiles, á la cual se ha dado el nombre de ulmina, y por esta última propiedad se la conoce tambien con el nombre de ácido úlmico, cuyo interesante estudio, debido á Vauquelin, Braconnot, Peligot, Liebig y Klaprok no le creemos de este lugar, y por eso no insistimos mas en ello.

Antes de llegar las sustancias vegetales al estado de mantillo, y sobre todo si son nitrogenadas ó de orígen animal, sangre, carne, etc., que obren como fermentos, despues de dar los gases y cuerpos citados anteriormente, pasan por otro periodo de descomposicion en el cual se produce el ácido butírico, ó llámese la fermentacion butírica, y en este caso las sustancias que le dan orígen por la accion del fermento son la celulosa, y los compuestos néutros que pueden existir, como lo indica la reaccion siguiente:

$$\underset{\text{Celulosa.}}{C_{12}H_{10}O_{10}} + \underset{\text{Oxígeno.}}{O_8} = \underset{\text{Acido carbónico.}}{4\,C\,O_2} + \underset{\text{Acido butírico hidratado.}}{C_8H_8O_8} + \underset{\text{Agua.}}{2\,H\,O},$$

que con el amoniaco forma el butirato de amoniaco con el olor característico que se percibe perfectamente sobre todos los demás cuando pasamos por las inmediaciones de algun depósito de sustancias orgánicas en descomposicion.

Se forman tambien en este caso otros ácidos de fórmulas mas sencillas, como el láctico y acético, por el contacto con el mismo fermento, cuya presencia se puede fácilmente espresar por la reaccion

$$\underset{\text{Celulosa.}}{C_{12}\,H_{10}\,O_{10}} + \underset{\text{Agua.}}{2\,H\,O} = 2\,\underset{\substack{\text{Acido láctico}\\ \text{hidratado.}}}{(C_6\,H_6\,O_6)}$$

De la misma manera toma orígen el ácido acético en circunstancias idénticas, desdoblándose la molécula de celulosa en presencia del agua.

$$\underset{\text{Celulosa.}}{C_{12}\,H_{10}\,O_{10}} + \underset{\text{Agua.}}{2\,H\,O} = 3\,\underset{\substack{\text{Acido acético}\\ \text{hidratado.}}}{(C_4\,H_4\,O_4)}$$

Estos ácidos á su vez sufren una descomposicion ulterior para trasformarse en agua y ácido carbónico por la accion del oxígeno del aire. De este modo van metamorfoseándose las sustancias, tanto de orígen animal como vegetal, por esta série de descomposiciones sucesivas, en el resíduo mas ó menos oscuro á que hemos dado el nombre de mantillo, el cual continua por espacio de mucho tiempo experimentando una combustion lenta, segun las observaciones de Mr. Saussure. En este estado es en el que por lo general se emplea, ó al menos en el que es mas útil para la asimilacion de ciertos principios que le constituyen.

Si examinamos al mismo tiempo las sustancias minerales que existian en las materias primitivas, y las que se encuentran en el mantillo, vemos que habiendo desaparecido parte del carbono y de los elementos hidrógeno y oxígeno, así como el nitrógeno en las que le contenian, las sustancias minerales están relativamente en mayor cantidad; no obstante, puede demostrarse á su vez que estas tambien han sufrido alguna alteracion. En efecto, obsérvase en el mantillo desecado procedente solo de paja, que por la adicion de una pequeña cantidad de agua da olor á sulfhídrico á consecuencia de haber en él parte de los sulfuros que aún no se han oxidado; se nota tambien la presencia de los fos-

fatos en mayor proporcion que la que tenian las sustancias que le produjeron, sobre todo al estado soluble. Esto se esplica: 1.° por la presencia de una corta cantidad de sal amoniacal, que aún existe; 2.° por la accion disolvente de los ácidos láctico y acético, que se formaron durante la descomposicion; y 3.° por la accion constante del ácido carbónico.

Fácilmente nos podemos convencer de lo que venimos exponiendo con solo tratar el estiercol fresco por agua á la temperatura ordinaria, para ver si existen fosfatos solubles, de que solo dá indicios el molibdato de amoniaco; lo que prueba, que los hay en tan pequeña cantidad, que sería preciso operar sobre masas considerables para poder apreciarlos cuantitativamente. Si analizamos las cenizas, pueden aún hacerse mas visibles, pero de dificil determinacion; no así cuando préviamente tratamos por ácidos, en cuyo caso se aprecia el ácido fosfórico perfectamente, y se determina su cantidad, como indicarémos al describir la composicion de estas sustancias.

Esto nos manifiesta que el ácido fosfórico en estos compuestos se encuentra al estado insoluble, combinado con la cal, hierro, etc., y una mínima cantidad con los álcalis.

Efectúense las mismas operaciones con el mantillo, y se verá que los fenómenos son muy diferentes; entonces no es solo reconocido por indicios con el reactivo anterior, sino que tomando una pequeña porcion (8,5 gr.) da ya precipitado; y operando sobre mayor cantidad lo demuestra la sal de magnesia adicionada de la mezcla de sal amoniaco y amoniaco.

Todos estos hechos vienen en apoyo de lo que dejamos espuesto, y confirman mas aún la accion disolvente de los distintos compuestos que se formaron durante la descomposicion de la primera materia.

Otro experimento, que hemos efectuado colocándonos en circunstancias diferentes que los anteriores, pero teniendo siempre por objeto ver las causas disolventes de los fosfatos, ha sido tomar dos pesos iguales (29 gr.) de paja de trigo, colocándolos en dos matraces en los que se ha echado igual volúmen de agua destilada (8 cc.); se dejaron por espacio de una hora á la temperatura ordinaria, al cabo de la cual

no pudo hacerse manifiesta la presencia del ácido fosfórico en ninguno de los dos líquidos. En este estado se añadieron á uno de ellos seis gotas de ácido clorhídrico, se ensayaron al cabo de algun tiempo, y como era de esperar, el que tenia el clorhídrico dió señales de ácido fosfórico. Se dejaron trascurrir dos semanas, se repitió el ensayo, y entonces los dos líquidos daban, colocados en las mismas circunstancias, resultados análogos, es decir, que en ambos se demostraba fácilmente la presencia del ácido fosfórico. Esto coincidia con el estado de alteracion en que se encontraba ya la paja, notándose un olor fétido, y viendo que tenia reaccion ácida bien manifiesta con el papel de tornasol; lo cual indudablemente es debido á la presencia de los ácidos láctico y acético producidos, y que han obrado lo mismo que el ácido clorhídrico.

Trascurridas otras dos semanas se repitieron los experimentos, y se observó que tenian lugar los mismos fenómenos, si bien ya en este caso la paja que no tenia el ácido clorhídrico daba mayor cantidad de ácido fosfórico por haber desaparecido en parte los ácidos formados, al paso que la otra á que desde luego se habia puesto empezó y continuó obrando sobre los fosfatos insolubles para hacerlos solubles. Al mismo tiempo se advirtió que la paja á la que se adicionó el ácido clorhídrico no entró en putrefaccion.

Expuesta ya, con los detalles que lo hemos hecho, la descomposicion que experimentan las materias orgánicas, ellos nos conducen á deducir las siguientes consecuencias.

1.ª Que las sustancias orgánicas nitrogenadas se alteran fácilmente al aire, dando productos amoniacales, que en parte desaparecen, y ácido carbónico, que en parte queda unido con las bases en forma de carbonatos.

2.ª Que á medida que esta descomposicion avanza se va notando mayor cantidad de fosfatos solubles, debidos á la accion que ejercen el ácido carbónico y las sales amoniacales sobre los fosfatos insolubles que antes existian.

3.ª Una vez terminada la descomposicion anterior, se convierte en un cuerpo mas ó menos oscuro llamado mantillo, el cual á su vez

continua alterándose lentamente, dando nueva cantidad de fosfatos solubles por la presencia del ácido carbónico.

4.ª Que en una sustancia, ó mezcla de sustancias, en que haya poco nitrógeno, empezará la descomposicion dando productos amoniacales; pero al poco tiempo termina la produccion de éstos, y continúa lentamente la descomposicion espontánea, si bien la cal puede activar esta alteracion, debida á la accion del oxígeno, notándose tambien en este caso que el resíduo tiene fosfatos solubles, que antes no existian en él, merced á la accion del ácido carbónico y á la de otros ácidos que hayan podido formarse.

5.ª Cuando la sustancia no tiene nitrógeno, la descomposicion es mas lenta, y en presencia del agua se forman los ácidos láctico y acético, trasformando á los fosfatos térreos en solubles.

6.ª Que la presencia de pequeñas cantidades de ácidos minerales libres impide ó retrasa semejantes descomposiciones.

A esta série de conclusiones nos ha conducido cuanto dejamos espuesto, y probado por medio de experimentos.

Habiendo referido la alteracion y descomposicion que experimentan las sustancias mencionadas, fácilmente se deduce que el abono normal deberá sufrir estas mismas modificaciones, y por eso las consecuencias son idénticas.

Del mismo modo haríamos ver que todos los demás abonos animales, como carne, sangre, orina, etc., sufren iguales alteraciones, si bien por la existencia de mayor cantidad de nitrógeno, las sales se forman tambien en mayor escala, como igualmente por la presencia del fermento y la fibrina se nota mayor produccion de ácidos butírico y láctico, como se puede demostrar con solo someter á la ebullicion el coágulo de la sangre, y dejarle húmedo en contacto del aire por espacio de algunos dias, en cuyo caso la fermentacion butírica es tan manifiesta, que su olor se hace insoportable aun cuando aquella se halle en pequeña cantidad. Una consecuencia de esta alteracion es la accion que ejerce sobre los fosfatos que existen, como se pone de manifiesto tomando la sangre recien cocida, desecándola á 100°, y por otro lado efectuando lo mismo con la que ha experimentado la fermentacion, pesando igua-

les porciones, y haciendo un ensayo comparativo, se ve una gran diferencia en la cantidad de fosfatos á favor de la que ha sido descompuesta. Este experimento nos ha conducido á determinar el ácido fosfórico en este estado, que es en el que se utiliza, como indicarémos mas adelante para las aplicaciones ulteriores.

Habiendo hecho ver con algunos detalles la descomposicion que sufren las sustancias orgánicas para convertirse en abonos, y sabiendo de qué manera contribuyen á la disolucion de los fosfatos térreos, que era el objeto del presente capítulo, pasarémos á otra cuestion no menos importante.

Aplicacion de los abonos fosfatados.

Para aplicar los diferentes abonos á las tierras, de modo que las puedan prestar beneficios para el cultivo de cereales, será necesario que preceda su análisis para ver sus principios alcalinos, amoniacales y térreos, comparando despues este resultado con las necesidades de las plantas á cuyo cultivo se aplican, lo que conocerémos fácilmente por medio del análisis de las cenizas. Hecho este trabajo nada habrémos adelantado si no conocemos la composicion del terreno que vamos á utilizar, porque si en él hubiese ya los fosfatos que los cereales necesitan, y estuviesen al estado de disolucion para que su absorcion fuese inmediata, en este caso no pondríamos un abono fosfatado, y sí otro que tuviere alguno de los cuerpos que necesitase la tierra. Por el contrario, existiendo en pequeña cantidad los fosfatos, y al estado insoluble, tendríamos que elegir un abono fosfatado, y que estuviese en el estado de fácil asimilacion. No bastaría tener estos datos, sino que sería preciso tambien conocer la produccion máxima de una extension determinada para poner las sustancias suplementarias en las dosis convenientes. En la práctica esta es una de las cuestiones mas difíciles y delicadas, por las muchas causas de error que pueden influir en estos ensayos. Un ejemplo práctico nos hará conocer bien la marcha que debemos seguir. Sea una heredad en que deseamos cultivar el

trigo, cuyo suelo tenga la sílice, arcilla y caliza en las proporciones convenientes, que solo haya en ella pequeñas cantidades de álcalis, restos de sustancias orgánicas, y que del análisis hubiese resultado que 1000 kilógramos contienen 10 kilógramos de nitrógeno del abono anterior y 1 kilógramo de fosfato de cal. Necesitamos saber cuál será la cosecha mayor de trigo que se pueda tener en nuestro suelo, la que suponemos de 18 veces (1) la semilla, salvo ligeras escepciones, considerándola en secano y en años de los mejores; poniendo próximamente fanega de grano por fanega de tierra, ó sea 85,47 litros por hectárea, producirá 15,58 hects., que representan 7,62 kils. de potasa, 13,03 de ácido fosfórico, y 28 kils. de nitrógeno.

El trigo no consume sino los 0,38 á 0,40 de la fertilidad de la tierra, por lo cual el abono deberá contener 20,19 kils. de potasa, 39,55 kils. de ácido fosfórico, y 71,68 kils. de nitrógeno.

Debemos suponer que el terreno está bien preparado de labores, que el abono tiene aún bastantes sustancias orgánicas en descomposicion, y que el análisis nos haya dado que contiene 0,45 de fosfato de cal, que es la cantidad que algunas veces contiene, lo cual representa, como sabemos, supuesto bibásico, 0,25 de ácido fosfórico; y necesitando 15,03 kils. será preciso poner 60120 kil. de abono, que contendrán, segun los análisis, 24 kil. de nitrógeno y 31 kil. de potasa.

Poniendo de este modo el ácido fosfórico necesario, sobrarían nitrógeno y sales de potasa, así como el carbono tambien sería mas que el suficiente, y así quedarian en la tierra para las cosechas posteriores.

El ejemplo anterior nos enseña la manera de calcular los fosfatos necesarios; y, como se ve, la cantidad de abono está en razon inversa del ácido fosfórico que contenga: de aquí que variando mucho los abonos en su composicion, haya necesidad de hacer una análisis para cada caso, lo que como verémos en el apéndice de esta memoria, se consigue con la mayor facilidad y prontitud. No obstante, sufriendo pocas variaciones la composicion de un mismo abono, por el cuadro que de estos

---

(1) Tenemos datos procedentes de la vega de Granada, en que esta cifra es mucho mas elevada.

darémos á conocer, podrémos muy bien hacer estos cálculos sin recurrir al análisis, cuyo resultado en este caso deberá tenerse como aproximado.

Esto mismo es aplicable á cualquiera clase de abonos, con tal que tengan fosfatos al estado soluble, y que conozcamos además la cantidad de los insolubles que con el tiempo han de ser tambien asimilados; pero esta cuestion está íntimamente enlazada con la cantidad de fosfatos que hay en las tierras.

Grado de fertilidad de las tierras.

Acabamos de ver en el capítulo anterior, que cuando hay necesidad de añadir á las tierras abonos fosfatados, tenemos que conocer la cantidad máxima que de esta sustancia necesita una superficie dada para producir la mayor cantidad de cosecha; y al mismo tiempo se ha indicado que los cereales, sobre todo el trigo, toman 40 por 100 de los abonos que las tierras contienen; de aquí la necesidad de tener en cuenta, antes de hacer dispendios, la cantidad que ha quedado sobrante para las cosechas venideras, y añadir solamente lo necesario.

Esta cuestion está tambien relacionada con la de saber las cantidades que de las otras sales necesitan los cereales para su desarrollo, y de nada serviria adicionar en casos dados los fosfatos, si la tierra carecia de los demás elementos de la vegetacion. En este concepto es como el nitrógeno se ha tomado por base en los cálculos, valiéndose para ello de fórmulas especiales, que nosotros no usarémos por estar fundadas en la presencia del nitrógeno, siendo nuestro objeto tomar por tipo los fosfatos, que es la sustancia de que ahora nos ocupamos, sin olvidar por esto los demás elementos que entran en los abonos. Thaer (1) dice que una tierra que da anualmente una mediana cosecha de 12,84 hectols. posee 100 grados de fertilidad, de los cuales no se ha consumido sino una parte, sufriendo una disminucion, la que se puede conocer por dos medios: 1.° reuniendo los resultados de años medianos

(1) Maison Rustique, 1, 51.

y comparándolos; y 2.° basándose en los análisis que Mr. Einhof ha hecho de los cereales, y teniendo presente el principio, que los vegetales absorben del suelo las sustancias nutritivas en razon directa de los elementos que en ellas existen, sobre todo en los granos. Por este 2.° medio ha visto que la cosecha que sin abono seguia á la tomada como tipo daba 7,7 hect. del mismo grano, de donde deduce un agotamiento de 40 por 100 de dicha cosecha, puesto que 12,84 hect. : 100:: 7,7 hect. : x=59,96; lo que quiere decir, que al concluir la cosecha anterior habia solo esta cantidad de los 100 que contenia, habiéndose consumido por lo tanto un 40 por 100 del abono puesto en la tierra.

Por igual medio ha reconocido que la cebada y avena consumen un 25 por 100, y el centeno un 30.

De donde se deducirá facilmente que cada hectólitro de trigo que se produce por hectárea consume 3°,1 de fertilidad, puesto que

$$12{,}84 : 40^{\circ} :: 1 : x = \frac{40}{12{,}84} = 3^{\circ},1.$$

Haciendo lo mismo para los demás cereales, resulta 1°,93 para la cebada y avena, y 2°,3 para el centeno.

En todos estos cálculos se tiene en cuenta la relacion entre dos cosechas consecutivas, conociendo el abono que se puso antes de la primera. Hay que advertir, que estos cálculos están tomados por el peso del grano de dos cosechas, y siendo la semilla de igual naturaleza, esta relacion no implicará en nada cualquiera que sea el origen del abono que pongamos, lo mismo que consideremos el nitrógeno, como el ácido fosfórico, puesto que se debe suponer que la absorcion relativa para las dos cosechas de igual composicion ha sido idéntica, y solo ha variado en el peso total; pero esta variacion es debida á que la tierra no tenia el suficiente abono, ó sea los 100° que Thaer supone, de manera que pueden muy bien admitirse las cifras 40, 30 y 25, deducidas del empleo del abono normal, con relacion á los fosfatos. Deberémos tener presente tambien que si la composicion, ó sea la cantidad del ácido fosfórico que contienen los granos, no fuera la misma para estas

dos cosechas, pudiendo muy bien suceder que por falta de agua, etc., no se hubieran trasformado en solubles los fosfatos necesarios, resultan los granos con menos ácido fosfórico, y en este caso los números admitidos no serian los verdaderos.

Nosotros, tratando de comprobar lo que estamos exponiendo, esperamos dentro de poco al terminar otras dos cosechas, hacer análisis de los trigos que resulten de las tierras en que se cogieron el año anterior los números 1 y 2 del cuadro general, á las que con este objeto no se les ha abonado este año, y de esta suerte esperamos, habiendo hecho el detenido estudio que hemos dado á conocer de los citados trigos, resolver de algun modo esta cuestion con relacion á los fosfatos; siéndonos sensible no poder llenar aquí este vacío por no haber trascurrido el tiempo necesario, pero esperando hacerlo en otra ocasion, cuyos resultados y consecuencias, si se creen necesarios, se pondrán en su dia en conocimiento de la Academia. Conociendo ya la fertilidad de una tierra por las cosechas que haya dado, estamos en el caso, sabiendo el abono que se puso, de conocer en cualquiera época la cantidad necesaria para que adquiera los 100° de fertilidad, en el supuesto que cada cosecha toma 40 por 100; y que con dos y media cosechas se esquilmaria para el trigo, con 3 para el centeno, y con 4 para la cebada y avena. Este resultado es de gran importancia en la práctica agrícola, y teniéndole presente puede muy bien el labrador, fundado en estos principios, y en atencion al capital de que disponga, utilizar sus tierras sin nuevos dispendios, y obtener cosechas sucesivas de varios cereales en la misma tierra, sin necesidad de adicionar nuevo abono.

Los agricultores españoles conocen muy bien estos hechos, viéndose que los aplican perfectamente en algunos puntos en que los abonos son caros por su trasporte, que abonan sus tierras al máximo, y de ellas sacan cosechas diferentes, por lo general en tres años, al cabo de cuyo tiempo repiten la operacion. No obstante, se ven provincias, v. g. las Vascongadas, en que se dá un máximo de abono todos los años, si bien es cierto que se obtienen tres diferentes cosechas, grano, legumbres y nabos cada año. Dicho se está que donde el abono se halle á bajo precio deberán abonarlas al máximo, como se efectua al rededor

de las grandes poblaciones en que abundan los abonos; y así se comprende cómo en los pueblos inmediatos á la Corte, desde algunos años á esta parte en que á la vez que trabajan y abonan mucho las tierras, han sido favorecidos por las afecciones meteorológicas, vemos crearse en pocos años grandes capitales, que antes no existian, á favor de la gran cantidad de abono que hoy emplean comparado con lo que usaban en épocas anteriores, en que los economizaban, no necesitando dejar sus tierras abandonadas á la accion del aire (barbecho) como se hace en muchas partes, sino lo que llaman medio barbecho, entendiendo por esto las legumbres; de este modo siempre trabajan las tierras de un modo análogo á lo que en mayor escala se efectua en las huertas, en que no hay mas intérvalo entre dos recoleccciones que el tiempo que tardan en desarrollarse.

Sabiendo ya el grado de fertilidad por las cosechas suministradas, facil nos sería, si este dato nos faltase, recurrir al análisis, como queda indicado; y teniendo en cuenta todo lo expuesto, poner la cantidad que del cálculo resulte. Esto parece que debiéramos exponer á continuacion; pero se nos permitirá que antes nos ocupemos de los abonos fosfatados, porque en nuestro concepto de nada serviría haber deducido por cualquiera de los expresados medios la cantidad necesaria de fosfatos, si no conocemos cuánto de estos existe en los diferentes abonos, tanto orgánicos como minerales, y al mismo tiempo, y en su consecuencia, ponernos en la situacion económica que mas nos convenga.

Abonos fosfatados de orígen orgánico.

En este grupo colocarémos los diferentes abonos de que se hace uso en la agricultura, en los que encontrarémos, como queda indicado, á los fosfatos bajo los dos estados de solubles é insolubles, así como la cantidad, que es lo que mas en particular nos debe ocupar en este sitio.

Sabido es que los abonos son tanto mas buscados, y tanto mas útiles, cuanto que ellos pueden obrar mas pronto, ó actuar directamente sobre las plantas. Así que, en este sentido no será lo mismo emplear

un abono con muchos fosfatos térreos ó de hierro, cuando queremos utilizarle en la cosecha inmediata, que si empleamos otro que los contenga al estado soluble. En el 1.er caso se puede decir que se encuentran algunos abonos llamados tardíos, y cuyo precio naturalmente ha de estar en relacion con su utilidad inmediata, por el interés que produciria el capital en ellos empleado, hasta que empiezan á actuar en la vegetacion. Hay casos, sin embargo, en que es preferible emplear los tardíos, como es v. gr. cuando el labrador previsor, y con capital, abona sus tierras con el tiempo necesario, en cuyo caso es preferible adoptar este sistema; además, si las circunstancias meteorológicas se oponen al éxito de una cosecha sembrada con abonos activos ó de los que se ponen en estado de obrar en seguida, se habrá perdido mucho más que poniéndolos en el otro estado, que aún aprovecharán á otras cosechas.

El estado en que deben presentarse estos abonos es precisamente la cuestion que mas interesa al agricultor, como por incidencia lo hemos dicho al hablar de su descomposicion; y segun el periodo en que esta se encuentre al emplearlo, así serán tambien diferentes sus efectos, como igualmente si proceden de sustancias orgánicas vegetales ó animales: por esta razon, dividirémos los orgánicos abonos fosfatados en animales y vegetales.

Abonos fosfatados de orígen animal.

A esta clase pertenecen las carnes, sangre, orines, huesos frescos, heces de carnívoros, de aves y reptiles, la lana, crines, pezuñas, borra, cuerno, etc.

Todas estas sustancias las utiliza la agricultura por el nitrógeno y los fosfatos que contienen, y en efecto, los restos de animales son muy buscados como abono en las localidades donde se conoce su valor.

Carnes.

Desde tiempo bien remoto se ha conocido la utilidad que pueden reportar, y como tal las autoridades han prohibido que se arrojen á

rios y sitios donde no se puedan aprovechar. Mr. Boussingault nos cita (1) un reglamento de 1404, en que se fijaba los sitios dedicados á depositar estos restos. En diferentes épocas muy posteriores han venido repitiéndose estas prescripciones en todos los paises, unas veces bajo el punto de vista de la higiene pública, y otras con el objeto de que se pudieran utilizar en vez de servir de pasto á los animales carnívoros.

Entre los diferentes paises en que se halla bien entendida la agricultura bajo el punto de vista de utilizar los abonos, se encuentra el vecino imperio, en cuya capital hay sitio, como Montfaucon, destinado á matadero y depósito de animales muertos. En este establecimiento, que hemos tenido ocasion de visitar con algun detenimiento, hemos observado las distintas y sencillas operaciones llevadas á cabo con los cadáveres de toda clase de animales, así como con los restos de los mataderos de reses vacuna y lanar que por reglamento tienen que ser llevados al mismo punto. No entrarémos en minuciosos detalles de la manera de aprovechar con ventaja estos restos abandonados en la mayor parte de las grandes poblaciones. A estos mataderos llegan á su vez los animales inútiles para toda clase de trabajos, donde momentos despues han dejado de existir, é inmediatamente se procede á desollar, limpiar la piel groseramente para entregarla á las distintas aplicaciones, cortar las crines, que se venden, separando los tendones y grasa con la mayor escrupulosidad; los intestinos son vendidos para los fabricantes de cuerdas de instrumentos, los cascos para los fabricantes de peines, las herraduras para las fraguas, los huesos gruesos y los delgados, que tienen diferentes aplicaciones, se separan para entregarlos á las respectivas industrias, y el resto del animal dividido en grandes trozos, es sometido á la accion del vapor en grandes marmitas de Papin, donde pueden colocarse á la vez diferentes cadáveres: al cabo de algunas horas toda la grasa se ha fundido, y se encuentra en la superficie del líquido, de la cual se puede facilmente decantar y espender á la jabonería. La carne cocida se separa facilmente de los huesos, se

(1) *Economie rurale*, I, 750.

deseca en estufas, y despues de someterla á una trituracion incompleta, pasa á manos de los agricultores bajo forma bien distinta de la que tenia cuando entró. Este es un abono muy buscado, por tener un 13 por 100 de nitrógeno, y 2,5 por 100 de fosfato, que representan 1,3 de ácido fosfórico, cuyo fosfato se hace facilmente asimilable porque alterándose las carnes, no solo se forman las sales amoniacales que los disuelven, sino que estando, como no puede menos de suceder, los fosfatos en íntimo contacto con los demás elementos, al producirse el ácido carbónico, indudablemente se debe encontrar al lado de una molécula de aquella sustancia y la disuelve; así que, si se pone un poco de carne desecada, como lo hemos efectuado, y se ensaya si contiene el ácido fosfórico, por su tratamiento acuoso en frio, y se añade el molibdato, apenas hay indicios, al paso que la misma carne alterada, y tratada despues de igual manera, manifiesta palpablemente que parte de sus fosfatos han pasado á ser solubles sin mas que por la descomposicion, y esta debe tambien efectuarse en la tierra con que se mezcla como abono, y no solo actuará entonces sobre sus fosfatos, sino tambien sobre los que al estado térreo se encuentran en su inmediacion. En nuestra opinion no es otra la causa de la solubilidad, y de aquí que los agricultores con razon prefieran estos abonos, bastando poner una pequeña cantidad bien estendida para que se manifiesten sus efectos.

Los huesos que hemos visto separar de la parte muscular, son entregados á los fábricantes de negro animal, y á la agricultura, y de esta aplicacion nos ocuparémos en particular dentro de breves instantes.

La sangre, que cuando el animal ha entrado con vida en el establecimiento, se ha recojido despues de la muerte, es entregada tambien prévia coccion á la agricultura.

Parte de los intestinos que no tienen aplicacion, se pone entre algo de tierra, y al cabo de pocos dias se ven millares de larvas, que se venden por medida para alimento de algunas aves, y para los aficionados á la pesca.

Así es como se utilizan estos restos, y se libra á las poblaciones de algunas enfermedades.

En nuestro pais tambien se ha tratado de establecer esta industria,

si bien en menor escala, y un privilegio no muy antiguo, hace que se esté beneficiando en la actualidad en la Corte, donde se aprovechan las carnes despues de cocidas para enterrarlas, y por la putrefaccion, y luego desecacion al aire, tener un excelente abono, que hoy es exportado fuera de España.

Los huesos se venden para torneros, fabricantes de hormillas, pianos, ballesteros, etc., etc., y los restantes sirven como combustible para cocer las carnes, dejando sus cenizas, que tambien son empleadas como abono en la parte de Valencia y Alicante, donde la agricultura está mejor entendida.

En París se calcula sobre 15.000 los caballos en los que anualmente se hacen las operaciones indicadas, y en Madrid unos 2700 á 3000, no contando los que perecen en la lidia de toros, los cuales aun hoy se entierran, y no se permite utilizar mas que la piel y grasa, que se puede obtener sin destruccion del cadáver.

Muy bien entraríamos en detalles de esta naturaleza con los datos que hemos adquirido, pero basta lo espuesto para formar una idea de la utilidad que puede reportar á la industria y á la agricultura el aprovechamiento de los restos animales, que nos proporcionan un abono tan rico en fosfatos, por cuya razon nos hemos creido en el caso de hacer esta pequeña descripcion de su orígen.

Sangre.

Queda indicado que la sangre procedente de los animales, despues de la coagulacion, es entregada á la agricultura, como igualmente la procedente de los mataderos públicos, sobrante de las necesidades de las poblaciones. Vemos en muchas locadidades utilizarla, como sucede en la capital de la Península, donde se recoje la sangre reciente para que coagulándose espontáneamente se separe el suero (albúmina), el cual se deseca en estufas y es trasportado á Francia para su conocida aplicacion, al paso que el coágulo (fibrina) se somete á la coccion y desecacion al aire y reducido á grueso polvo se emplea en la agricultura, esportándose en parte para Inglaterra, y produciéndose una cantidad

diaria muy considerable, la cual es rica en nitrógeno y en fosfatos. Nosotros hemos tenido ocasion de hacer un análisis bajo este punto de vista, determinando el nitrógeno y el ácido fosfórico, y hemos encontrado que al estado seco contiene 16 por 100 del primero y 0,5 del segundo, que estando bajo la forma de fosfato representa 1,085 por 100. Esta sustancia es la que, como queda indicado, por su descomposicion espontánea, una vez desecada pero luego humedecida, da, como las carnes en el mismo estado, una cantidad considerable de fosfatos solubles, por cuya razon es buscada por los que conocen su verdadero valor, y no despreciada en términos de tener que esportarla á paises lejanos.

Los restos de las fábricas de curtidos y de las de hilados de lana, así como las pezuñas, y raspaduras de cuernos, se utilizan tambien como abono, si bien su produccion solo es notable en las grandes poblaciones, y por eso no se aplican al cultivo en grande de los cereales, sino mas bien para las hortalizas, en atencion á su precio, por lo cual no nos detendrémos en su estudio.

Orina y heces.

En algunos puntos se utiliza la orina de los animales como abono, y desde luego hemos visto pág. 135 la descomposicion de la urea, y la trasformacion en carbonato de amoniaco, dando 100 de la primera y 150 de la segunda; y siendo así que puede llegar á encontrarse en un 3 por 100 en la orina, se comprende que 100 de ésta nos podrán dar próximamente 4 por 100 de la sal de amoniaco, y la cual habrá de contribuir á disolver los fosfatos que en ella existen, los que se encuentran, segun Berzelius (1), por 100 de orina humana, 0,10 de fosfatos terreos, que nos podrán suministrar por lo tanto un total 0,2 de ácido fosfórico.

La orina de vaca tambien tiene fosfatos, pero en pequeña cantidad,

(1) *Annales de chimie, tomo* 89, *pág.* 22.

y la vemos usar al estado líquido en algunas de nuestras provincias del Norte, si bien para cultivos especiales.

Los demás orines se emplean mezclados con las materias fecales secas respectivas, constituyendo abonos compuestos que darémos á conocer muy pronto.

Entre los abonos que estudiamos se encuentran tambien las heces ó materias fecales del hombre, utilizadas con gran provecho en la agricultura, y por lo tanto se nos permitirá nos detengamos breves instantes en este punto para demostrar su importancia.

Sabido es, segun resulta de repetidos experimentos, que las materias fecales del hombre están constituidas de dos partes, una líquida y otra sólida, que se encuentran en la relacion de 85 de la primera y 152 de la segunda. Hemos visto ya la composicion de la primera con relacion al ácido fosfórico, y ahora diremos que la segunda contiene la enorme cantidad de 10 por 100 de fosfatos, supuesta desecada al aire, que aún tiene 28 por 100 de agua; y contando 3,5 para el fosfato de cal y 6,5 para el fosfato magnésico, nos representarán, 2 de ácido fosfórico por 100 la primera y 4,2 la segunda, cantidad muy considerable si se atiende á los demás abonos fosfatados del grupo que estamos estudiando.

Al ver tal riqueza en ácido fosfórico, no nos extrañaría que sin haber recurrido al análisis, y antes que este se ocupase de investigar cuánta parte útil contenia, se conociesen los sorprendentes efectos de esta sustancia como abono; ni nos extrañará hoy ver que en paises que tenemos por atrasados, se hayan usado estas sustancias como abono desde tiempo muy remoto en que las leyes del pais prohiben arrojar los excrementos humanos, sino que por el contrario se recogian con cuidado para aplicarlos á la agricultura. Esto es precisamente lo que sucede en la China, cuna de la experimentacion, y en donde como dice Mr. Liebig, la naturaleza ha impuesto esta necesidad á sus habitantes, quienes desde hace siglos, han hecho descubrimientos que aun hoy la Europa admira, sin poder imitarlos, á pesar de la altura á que están las ciencias, al paso que se cree que ellos los habian conseguido sin nociones teóricas, sino con recetas á que dan gran valor; así es, que lo

que los chinos han conseguido en muchos años, lo han logrado los europeos en medio siglo, no solo para imitarlos en artes y oficios, sino para adelantarlos por la aplicacion de los principios de la química. No sucede lo mismo en la agricultura, en la que Europa se encuentra aún muy atrasada con relacion á la China.

En efecto, á los chinos se les tiene por los primeros agricultores que supieron dar á cada planta un cultivo especial, preparando un terreno á propósito. En China, cuya fertilidad del suelo se parece al de algunos puntos de Europa, no dan importancia, como nosotros, á los excrementos de animales domésticos.

Por el contrario, ya hemos dicho lo que hacen con los del hombre. En Europa ha tiempo que en puntos determinados se da estimacion á este abono, y así le vemos usado en Bélgica, en que la agricultura está tan floreciente, y en cuyo pais se emplea bajo formas distintas.

Viniendo á nuestro suelo, sabido es de todos que en Cataluña se han empleado tambien, conociendo su utilidad. Modernamente es cuando se ha llegado á dar toda la importancia que en sí tienen; y vemos en Francia, y especialmente en las inmediaciones de su capital, sitios destinados á estas heces, que entran en estado bien diferente del que se aplican. Se nos permitirá en cuatro palabras dar una sucinta idea acerca de ello, por la importancia que pudiera tener su imitacion en nuestra patria.

Existe en las cercanías de París un sitio, no muy visitado por los estranjeros, admiradores del adelanto y aplicaciones de otro género, pero que no obstante suelen verse en él algunos curiosos amantes de los progresos de sus respectivos paises.

En el número de estos hemos tenido ocasion de encontrarnos cuando al visitar otras naciones, lo hacíamos bajo distinto punto de vista que la mayoría de los viajeros, y esto nos ha obligado á estudiar la presente cuestion en cuanto á sus aplicaciones.

En el sitio llamado Montfaucon, no muy distante del matadero de caballos, es donde existe un establecimiento dedicado á depósito instantáneo de todas las heces que van llegando durante la noche. Sabido es, como dejamos espuesto, que están constituidas de dos partes

diferentes, la líquida, y la llamada gruesa entre nosotros; la primera es trasportada en cubas como en Madrid durante la noche, teniendo que ir todas al vertedero público del sitio mencionado, donde son recibidas en un gran depósito dividido, y en cuya inmediacion existe una máquina de vapor, que tiene por objeto conducirlos por una tubería á la distancia de 8 kilómetros hasta las inmediaciones del pueblo llamado Bondy, situado un poco mas alto que el depósito de Montfaucon, por lo cual se hace necesaria la fuerza del vapor.

Cualquiera que haya visitado este sitio en las primeras horas de la mañana y lo haga algun tiempo despues, no podrá formar idea del cambio que allí se efectúa. Al cúmulo de carros y líquido que allí acuden con el aspecto que les acompaña, sucede, despues de algunos momentos, todo lo contrario: así, en las primeras horas de la mañana, y en cuanto han dejado de llegar nuevas porciones, empieza á funcionar el vapor, y en dos horas se encuentra todo trasportado por el medio referido al sitio ya indicado, haciendo llegar agua para limpiar el depósito, de tal modo que entrado el dia, y no teniendo antecedentes, no se creeria el paraje en que uno se encontraba.

Por otro lado, los excrementos gruesos, á los que se adicionan pequeñas porciones de sulfato ferroso para desinfectarlos, por la reaccion indicada (pág. 137) se encuentran en tal estado, que apenas se percibe olor; así que son trasportados durante el dia en toneles pequeños, bien conocidos de los que han visitado á París, al mismo sitio que lo fueron los líquidos, solo que estos son llevados en los mismos toneles á Bondy por medio de un canal, colocándolos en grandes barcas.

Trasportándonos por un momento á este nuevo y ameno sitio por la frondosidad de su vegetacion, se ven grandes estanques escalonados, en los que se depositan los líquidos y en otros los sólidos. Por el reposo los primeros dejan gran sedimento, y los segundos hacen que sobrenade la parte líquida, y por la esposicion al aire se efectúa la fermentacion amoniacal esplicada (pág. 135), y se origina gran cantidad de sales amoniacales, dando nuevo sedimento; y concentrándose en gran parte por la evaporacion espontánea, se reducen

de volúmen y se van decantando, para dejar sitio á las nuevas cantidades que llegan diariamente; pero una vez que ya hay mucho depósito no se añade nuevo líquido para desocuparle, y las partes líquidas concentradas van descendiendo por los diferentes estanques hasta llegar al mas inferior, en cuya inmediacion hay una fábrica que los utiliza para obtener diferentes sales amoniacales y amoniaco líquido, que entrega á la industria á precio módico, al paso que la parte sólida y los depósitos, una vez desecados y groseramente pulverizados, se pasan por zarandas, como se hace con la cal, y son expendidos á los agricultores, que acuden en época determinada, viendo desaparecer en pocos dias grandes masas de esta sustancia, conocida con el nombre de *poudrette*, cuya riqueza en fosfatos hemos dado á conocer, y que en París puede suponerse que cada 700 (1) metros cúbicos que se obtienen por dia dan 100 metros cúbicos de este último producto, y pesando 67 kilógramos cada metro resultan 67000 kilógramos (1,456 quintales ó 72,8 toneladas diarias, que hacen 26,572 toneladas al año).

Se vende el hectólitro á 4 francos 50 céntimos, cuyo importe, segun los anteriores datos, representa 4.500 francos diarios, ó sean 6.241.500 rs. anuales, de cuyo importe tienen que abonar los contratistas á la municipalidad de París 1.900.000 rs., con los cuales ésta atiende á los gastos que ocasionan las máquinas y conduccion á Bondy (que es de su cuenta), é importan 570.000 reales, quedando restante en favor de dicha municipalidad la suma de reales 1.330.000, de una empresa cuya primera materia nada ha costado. De la misma manera se ve quedan á los contratistas 4.341.500 reales, con los que tienen que satisfacer todos los gastos que se ocasionan en depósitos, mano de obra, etc.

Réstanos solo hacer observar que estas sustancias se emplean en la agricultura en la dósis de 25 hectólitros por hectárea; de cuyo dato se deduce que con la cantidad recogida en un año hay para abonar una superficie de 14.600 hectáreas (22.484 fanegas), ó sean 146 ki-

(1) *Economie rurale*, I.—803.

lómetros cuadrados (4,7 leguas cuadradas), en los cuales se habrán repartido, deducido de su composicion, la cantidad de 489.100 kilógramos de ácido fosfórico, los cuales, segun los cálculos anteriores, representan 4.075.293 millones de hectólitros de trigo, cantidad, como se ve, muy considerable.

Hemos dado á conocer este abono fosfatado precisamente para llegar á obtener estas cifras que acabamos de presentar, y hacer patente que, si á ejemplo de París, que produce tal cantidad de abono, en todas las grandes poblaciones se hiciera lo mismo, indudablemente la agricultura estaria en otro estado en algunas naciones, como hemos dicho se verifica en Bélgica, en que tambien se utiliza, así como en determinados sitios de Alemania.

Nos queda para terminar este artículo decir dos palabras en vista de los datos anunciados, y hacer un pequeño cálculo por lo que se refiere á Madrid, con objeto de ver lo mucho que la agricultura debia exijir por la total pérdida de sustancias tan útiles. Segun las notas que tenemos á la vista (1) resulta, que en el año de 1857, antes del actual alcantarillado, se obtenian 256 cubas diarias, que en atencion á su volúmen, peso y relacion entre la parte líquida y sólida, resulta para esta la cantidad de 840.960 arrobas, ó sea 9.671.040 kilógramos por año, la cual contendrá 599.604 kilógramos de ácido fosfórico; y por tanto, si se supusiese recogida por la municipalidad, y vendiéndola á 18 rs. el hectólitro, reportaria un beneficio anual de 2.599.000 rs., y representaria una superficie abonada de 5.775 hectáreas, produciendo por lo tanto 49.966 hectólitros de trigo.

Si con el actual sistema de alcantarillado se hubieran dirigido todas las aguas inmundas á la parte del canal, á mayor ó menor distancia, por medio de las alcantarillas de fábrica ó por cualquier otro medio mas económico, como hoy se hace, aprovechando el favorable desnivel, podria encontrarse la municipalidad con una renta muy respetable, procedente de lo que hoy no utiliza y deja de entregar

(1) Suministrados por la Administracion del ramo de limpiezas.

á la agricultura, que si bien es cierto que no se aplicaria en los alrededores de la Corte en los primeros años, y hasta no conocer sus ventajas, se podria exportar por las vias férreas, como sucede hoy con el abono que hemos citado anteriormente.

Haciendo lo mismo en las poblaciones en que se sigue el antiguo sistema de la Corte, se obtendria en gran cantidad un abono tan excelente como el que se acaba de describir.

Quédanos por decir, en medio de esto, que poblaciones como Lóndres, Berlin, etc., no utilizan sino en parte este ramo de industria aplicada á la agricultura, siendo la Inglaterra, como sabemos, una de las naciones que necesita mayor cantidad de abonos, y que los trasporta desde largas distancias.

Huesos.

La agricultura los emplea indistintamente, cualquiera que sea su orígen, no obstante la variada composicion que se nota, segun la clase de animal de donde proceden; pero bajo el punto de vista de los fosfatos, que en todos ellos existen, no hay inconveniente en hacer uso de los que nos convenga, en atencion á su respectivo precio. El empleo de los huesos en la agricultura data de época muy remota, empleándose en su principio solo en el cultivo de las olivas. Se cree que el orígen bien conocido de su primera aplicacion fué en las inmediaciones de Génova, en donde faltaban abonos sin duda, y en vista de los resultados allí obtenidos se ha ido haciendo mas extensa su aplicacion, sobre todo desde que se les está empleando en polvo mas ó menos grueso.

Varios autores, como Mr. Wrete, Mr. Korte y Mr. Dombasle, han puesto en duda la eficacia de los huesos, no obstante los hechos en contrario que presentan los agricultores de comarcas y paises enteros, como Baden, Wurtemberg y la Inglaterra, en la que su uso se ha generalizado de tal manera, que hace hoy un gran comercio con este abono, poniendo en contribucion, no solo al Norte de Europa, sino que hasta se ha apoderado de los restos humanos de Waterloo, y mas modernamente de los de Crimea; como si deseára que regresáran á su

patria los huesos de los héroes que la defendieron en paises estrangeros: y quizá no esté lejos el dia en que se repita lo mismo con los de Solferino. No limita á esto la Inglaterra su comercio, sino que carga buques en Buenos-Aires y otros varios puntos de América. ¿Y será únicamente para aplicarlos en la agricultura de su pais, ó fomentará con ellos un ramo de comercio? Las dos cosas tienen lugar; mucho se utiliza en el pais para el primer objeto y en otras diferentes aplicaciones, pero mucho tambien sale otra vez bajo forma de polvo, mezclado con otras sustancias, constituyendo abonos mas ó menos ricos en la materia que necesita la vegetacion. Nosotros tambien contribuimos por nuestra parte á su objeto, y desde hace algunos años, que las vias férreas han rebajado los trasportes, vemos emigrar estas sustancias, que antes las mirábamos blanquear sobre las tierras. Si de la composicion asignada por Berzelius á estos compuestos queremos inferir la cantidad de ácido fosfórico que contienen, resultará que en los huesos existen 53 de fosfato calizo y 1,2 de fosfato de magnesia, que representan 31 de ácido fosfórico por 100 de huesos.

Diferentes químicos han hecho análisis de estas sustancias, que, como es natural, segun que sean antiguos ó recientes, y esten ó no desengrasados, varian en su composicion, pero en pequeños límites.

Respecto á los fosfatos, Mr. Boussingault asigna que los huesos de puerco contienen 49 de fosfato de cal y 2 de fosfato de magnesia, que representan 29 de ácido fosfórico. Mr. Chevreuil ha visto que los de peces contienen 48 de fosfato de cal y 2,2 del de magnesia, cantidad, como se ve, muy aproximada á la de los anteriores. Conocida ya su composicion, veamos en qué estado es como se emplean en la agricultura. Desde luego se nota la insolubilidad de los fosfatos que contienen, y de aquí la manera lenta de obrar cuando están expuestos al aire y humedad, porque en caso contrario resisten siglos, como tenemos ejemplos de momias y de animales antidiluvianos. Esto ha hecho que se haya procurado disminuir primero su cohesion, operacion que hoy se efectúa en grande, no solo en Inglaterra sino en Thiers (Francia): y en estos y en otros puntos, en que la industria establecida exije su empleo para

otros usos, como mangos de instrumentos, etc., los sobrantes son triturados antes de depositarlos en las tierras.

Mr. D'Arcet ha visto que los huesos al estado en que se emplean en Thiers, contienen 0,02 de gelatinas; y supone que echados á las tierras se liquida la grasa por la accion del sol, y que es absorbida por la tierra, y en este estado son mas fácilmente atacados por el aire y el agua, efectuándose entonces las reacciones químicas, convirtiéndose parte de la gelatina en amoniaco, que saponifica algo de la grasa, la cual, haciéndose soluble en el agua de lluvia, se reparte por la tierra como abono; continuando esta descomposicion en tanto que hay las dos sustancias espresadas. Si los huesos son gruesos ó viejos, es decir, que no contengan los principios mencionados, entonces la descomposicion es lenta y casi insensible, debiéndose su reaccion á que contienen una pequeña cantidad de materia animal, que descomponiéndose lentamente, hace que los efectos de los huesos sean muy seguros y constantes.

Indudablemente somos en esta parte de la opinion de Mr. D'Arcet. Las grasas, con la parte de amoniaco ó carbonato de amoniaco que se desprenda, podrán en parte ser saponificadas, y dicho está que formarán un jabon soluble, y por su amoniaco podrá actuar sobre las plantas; pero cuando se ponen, como es lo general, los huesos bien desengrasados, entonces no debe efectuarse esta accion, y sin embargo producen efectos; luego no habrá de ser esta la única causa.

La parte animal ó gelatina indudablemente podrá en su caso dar amoniaco, y bien sabido es que estando los huesos amontonados experimentan una descomposicion, haciéndose bien perceptible el olor de las sales amoniacales, en cuyo caso, segun la opinion de Mr. D'Arcet, una vez ya exentos de materia animal, ó teniendo muy poca, no se podrian emplear, ó al menos inútil sería efectuarlo, y suponer que aun los que han estado al aire mucho tiempo contienen todavía algo de materia animal. En nuestra opinion esto no es del todo exacto, porque si se toma un hueso de los que se ven, aunque escasamente, en las tierras, ya muy blancos, y en que se nota que las aguas y el aire han ejercido su influencia, teniendo la superficie muy porosa, y siendo ya mas ligeros, y se trata, préviamente pulverizado, por la

cal y aun por la potasa, no se advierte la menor señal de amoniaco, prueba que no contienen nitrógeno; y sin embargo, se cree que aún pueden obrar eficazmente como abono, y si no fuera así, estaria por demás emplear las cenizas de huesos, en los que debemos suponer, como es la realidad, que no tienen nada de nitrógeno: no obstante, la agricultura los emplea con ventaja.

En efecto, los huesos en rama tardan mucho en descomponerse, porque presentan poca superficie á la accion de las aguas y del ácido carbónico, y en ellos pueden muy bien producirse las sales amoniales por la descomposicion de la materia orgánica, y disolver estas pequeñas cantidades de fosfatos; pero una vez terminada aquella quedará el hueso espuesto á la accion del agua y el aire, la que será más lenta cuanto el hueso sea mas compacto; mas si este es poroso, ó lo que es lo mismo, nosotros aumentamos la porosidad y la superficie por la trituracion, entonces, por un lado la descomposicion anterior, y por otro, la accion disolvente del agua de lluvia, harán que se descompongan con mas facilidad y pasen á las plantas. Esto se puede probar por lo que hemos efectuado con los huesos quebrantados puestos en agua que contenga un medio de su volúmen de ácido carbónico, y con el agua de lluvia, que los disuelve, como queda dicho anteriormente: y además, con el hecho que hace mucha fuerza, cual es, que empleados en polvo ó reducidos á fragmentos muy pequeños, se ve que el efecto sobre la vegetacion es inmediato, esplicándose bien por las causas mencionadas.

Desgraciadamente, la consistencia que presentan algunos huesos es tal, que es difícil reducirlos á este estado, y solo se consigue con máquinas poderosas, lo que hace que su precio sea mas elevado que en el estado natural.

Esta poca solubilidad que presentan los huesos, es causa hasta cierto punto que se pueda contar, una vez abonada la tierra, con que tiene abono, segun algunos, para veinticinco años: si bien su principal efecto lo produce en los dos primeros, conforme con nuestra opinion, y pudiendo hacer á voluntad, segun el estado de division en que se les emplea, que esta accion se verifique en menos tiempo.

Mr. Dujouchay facilita la trituracion de los huesos desecándolos antes para que pierdan gran parte de su peso.

En general se emplean los huesos en la proporcion de 20 á 40 hectólitros por hectárea (de 25 á 50 fanegas por fanega de tierra.)

Los que, como decíamos hace un momento, no admiten que los huesos ejerzan accion, lo hacen fundados en su lenta descomposicion; pero no estando muy divididos, en cuyo caso la accion es mas pronta, como queda espuesto.

A consecuencia de la dificultad que los huesos presentan para reducirse á polvo, y de aquí el mayor precio que tienen, algunos han creido mas conveniente emplearlos bajo forma distinta, valiéndose para esto de la conocida accion que sobre ellos tienen los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Al efecto son tratados despues de la trituracion grosera, cada dos partes de hueso por una de ácido sulfúrico ó clorhídrico y una y media de agua. Se mezcla y agita bien para formar el bi-fosfato de cal, y de esta manera se puede emplear añadiendo antes 100 de agua para diluirlo, siendo trasportado en este estado á los campos á que se aplica. Así es como en Inglaterra se han empleado y continúan empleándose, aunque no hay ensayos comparativos, al menos publicados, para ver en qué estado producen su mayor efecto útil.

La duda que puede caber en este caso será, cómo un líquido ácido, y que lo es por el sulfúrico, no obra en contra de la vegetacion, cuando, segun los experimentos de Mr. Braconnot (1), los ácidos, aun muy diluidos, tienen accion deletérea sobre las plantas. No obstante, esta accion desaparece al considerar que con poca acidez que tenga, habiendo carbonatos en las tierras, estos le neutralizarán, y ya no podrá obrar como antes, si bien con esta neutralizacion se habrá vuelto al estado insoluble el bi-fosfato, es decir, al de fosfato neutro. Esto hace que se crea que la manera de obrar de los huesos en este estado es por la extrema division en que deberá quedar el fosfato de cal que se ha hecho insoluble por este medio.

Tratándose de aplicarlos en el estado ácido, se pueden emplear

---

(1) *Annales de physique et chimie*, t. XVIII, s. 3.me

igualmente las aguas ácidas que resultan del tratamiento de los huesos por el clorhídrico para la preparacion de la cola de huesos, teniendo la precaucion de neutralizar antes la acidez por medio del carbonato de cal ó creta, en cuyo caso se añade al fosfato el cloruro de calcio, que es soluble, y se habrá efectuado la precipitacion del fosfato al mismo estado de divisibilidad que con el sulfúrico. En algunas fábricas de cola se utilizan estos líquidos, y han dado buenos resultados. En nuestro pais no es aplicable, porque hay pocas fábricas con este objeto, á consecuencia del precio elevado á que está por lo general el ácido clorhídrico, tratándose de una industria de esta naturaleza; así es que no hace mucho existia una de estas fábricas en la Corte, la cual no pudo continuar por el excesivo precio del ácido clorhídrico. Además, tratándose de hacer aplicaciones en grande escala, sabido es los inconvenientes que trae el trasportar líquidos á considerables distancias. Esto será un gran obstáculo para que lo veamos planteado en nuestro pais.

Excrementos de ganado lanar.

Bajo esta denominacion se comprenden los de oveja, carnero y cabra.

Segun Mr. Boussingault, contienen 1 por 100 de nitrógeno, y sabido es que generalmente este abono no se recoge, sino que se hace pernoctar el ganado en las tierras; y segun Schwertz, se puede abonar 1 metro de tierra por cabeza.

En nuestro pais este sistema de abono está muy generalizado, y se hace pernoctar el rebaño en las tierras durante el verano, en los barbechos sobre todo, y en sitios lejanos de poblacion donde es difícil ó costosa la conduccion de los abonos. En nuestra Mancha, por ejemplo, se sigue este sistema en algunos puntos, pero proporcionando este abono á cambio de pastos, y se notan perfectamente en la primavera los círculos que ocuparon los rediles durante su permanencia en las tierras.

Las análisis de esta sustancia se deben á Mr. Faergensen, quien nos dice, que tiene 13,4 por 100 de sales; pero no nos da la composi-

cion de estas; así que sabiendo que este abono tiene grande influencia en la vegetacion, conteniendo 1,7 de nitrógeno, desde luego debe depender su accion de los fosfatos que en él se hallan, lo cual, y el no haber encontrado la cantidad que de ellos contenia, nos ha conducido á hacer su análisis bajo el punto de vista del ácido fosfórico.

Para ello se han tomado excrementos de ovejas, á las 24 horas de haber sido espelidos, los que desecados á 100°, para ver el agua, incinerados despues, y determinado su ácido fosfórico, nos ha dado

Excrementos de ovejas.	Agua.....	52,38	por ciento.
	Cenizas.....	25,55	por id.
	Acido fosfórico.	1,44	por id.

No habiendo determinado las cantidades de las bases por no creerlo necesario; no obstante, debemos advertir que la análisis cualitativa, nos ha demostrado ser este abono uno de los que contienen mayor cantidad de fosfatos solubles.

Palomina y excremento do puerco y reptiles.

No haremos mas que nombrar estos abonos, porque si bien son muy ricos en nitrógeno y en fosfatos no se emplean en el cultivo de los cereales, atendida su carestía.

Guano.

Esta sustancia, tan excelente como abono, se halla en el mismo caso que las anteriores, y no se emplea generalmente para los cereales en atencion á su precio elevado; solo en determinadas localidades se aplica como ensayo, mas bien que como abono normal, y por esta razon no nos ocuparemos de él, aunque al citar el equivalente de los abonos veremos el ácido fosfórico que contiene.

Negro animal

Réstanos, para terminar esta primera parte de los abonos, hacer mencion del negro animal, reconocido como abono luego que es desechado de las fábricas de azúcar.

Al referir los efectos de esta sustancia como abono, no podemos menos de citar los resultados obtenidos por Mr. Rieffel, que empleándole ha visto que se alcanzaban los mayores productos.

Nosotros citamos únicamente este experimento, é indicaremos que hoy se hace uso de este abono, solo para que se reconozca como tal; no deteniéndonos en él ya que no se usa en España, por carecer de esta primera materia, como no sea en la parte de Andalucía, en que hay fábricas de refino.

Abonos fosfatados vegetales.

Pocos son los que se emplean bajo esta forma; sin embargo, los citaremos por hacerse uso en España de esta clase de abonos.

Desde luego sabemos que en muchos sitios se dejan los llamados rastrojos, mas altos que en otros, con el objeto de que la reja del arado los oculte y sirvan de abono para las tierras, perdiendo en parte algo de paja para compensar lo que se ha sacado de la tierra. Esta clase de abono debe obrar naturalmente por los fosfatos que contiene, puesto que ya queda indicado que la cantidad de nitrógeno es muy pequeña; y como sabemos las cenizas que deja la paja, y la cantidad de ácido fosfórico que representa, podríamos, contando lo que queda en 1 metro cuadrado, por su peso calcular la cantidad de ácido fosfórico que dábamos, ó mejor dicho devolvíamos á la tierra.

El mismo objeto nos proponemos cuando se cultivan habas, y se dejan las plantas en la tierra. Otro de los abonos de este grupo son las plantas marinas que se emplean en nuestras costas, sobre todo en la parte Norte, y su accion ó influencia debe tener por causa la existen-

cia de los fosfatos, puesto que los contiene, si bien no podemos asegurar la cantidad, no obstante habérnoslas proporcionado con este fin; pero causas involuntarias obligaron á arrojarlas antes de hacer su estudio, no quedándonos tiempo para adquirirlas de nuevo.

En igual caso que el anterior se encuentran los restos de vegetales, hojas de árboles, helechos, etc., y el resultado del desbroce de los montes, que se emplean en algunas partes de España, entre otras en las provincias Vascongadas.

Todos estos abonos obran por las sales que contienen, ó sea por sus fosfatos sobre todo; pero existiendo en pequeñas dósis, de aquí que para sostener la fertilidad de las tierras sea preciso grandes cantidades; y en el mismo caso se encuentra el orujo, que tan abundante es en algunas comarcas. Fácilmente podria calcularse la cantidad de los fosfatos que contienen, como se ha hecho con la paja, porque de algunos de ellos se saben las cenizas que dejan, y su composicion, como indicamos al hablar de las cenizas.

Abonos vegeto-animales.

En este grupo colocaremos los abonos que mas frecuentemente se emplean, como son, la paja que sirve de cama á las caballerías, impregnada de la orina y excrementos sólidos, así como las inmundicias de las poblaciones, si bien en estas entran por mucho las partes minerales procedentes de la arena de las calles, lodo, etc.

Estiercol.

Este cuerpo, cuyo origen y la descomposicion que experimenta, se ha estudiado al considerarle como abono normal, es en efecto el mas usado, en razon de reunir las dos especies de abonos en un estado y cantidad tal que parece el mas á propósito para la asimilacion.

Este abono es el que se halla mas generalizado, puesto que son indispensables por lo general las caballerías para la agricultura; de aquí

que sus excrementos han de quedar en poder de los mismos agricultores, y por esta razon se necesita en un cultivo bien entendido que la alimentacion de aquellas esté relacionada con las necesidades, en calidad, cantidad, etc. Nosotros no entramos en estos detalles, que pueden verse en las obras de agricultura con todos sus pormenores; solo nos detendremos algun tanto en su composicion y aplicaciones. Al estado fresco ó reciente no se emplea, porque es ineficaz, á consecuencia de que la parte celular de la paja no está bien impregnada de la orina y sustancias nitrogenadas, exijiendo cierto tiempo para que se efectue la descomposicion. Nosotros hemos tratado de comprobarlo, colocando con este objeto estiércol fresco en unas vasijas bastante capaces, y de $0^m,75$ de profundidad, apretándolo algun tanto para evitar que quedasen huecos, que luego se enmohecen, y estas vasijas se han colocado introduciéndolas en la tierra hasta el borde superior, situándolas una al sol y la otra á la sombra, y rociándolas todos los dias con agua destilada. Se ha observado la temperatura diaria, para ver cuándo empezaba la descomposicion y poder seguir esta poco á poco. Pero nada se ha notado todavía, llevando ya mas de tres meses en esta situacion, en que los dejaremos hasta que se descompongan; y como se ha hecho su análisis al estado fresco, se repetirá cuando llegue esta época, y entonces veremos los resultados comparativos.

El estado en que se emplea es, como indica la teoría y la práctica comprueba, despues que se ha descompuesto en parte, por lo general pasado un año de estar amontonado, en cuyo caso ya la alteracion ha llegado á tal período que, como dejamos expuesto, se hacen manifiestas las sales amoniacales y los fosfatos han pasado en parte á ser solubles. En vista de los experimentos hechos, y que ya hemos dado á conocer, creemos que el estado mas conveniente en que debe emplearse es cuando la temperatura ya no es muy elevada en el interior, y que no obstante se notan el olor del carbonato y del sulfhidrato de amoniaco, desprendiéndose ya pocos vapores: en este período los montones tienen por el interior color mas obscuro que en la superficie, y apretado entre los dedos deja una superficie algo plana, lo que no sucede cuando no está bien descompuesto, que es mas elástico.

Convendria mucho que estos pudrideros ó estercoleros estuviesen colocados, como indican algunos autores y recomendamos á los labradores, en sitios algo mas bajos que el suelo, ó bien si están á la superficie, rodearlos de tierra por su base, para evitar que las aguas se lleven la gran cantidad que disuelven; como igualmente que el pavimento sea lo mas impermeable posible, por medio de una capa de arcilla colocada en la parte inferior; y, si es posible, que la base del depósito sea cóncava, y un pequeño pozo vestido de ladrillo en el centro, sobre el cual se pueden colocar maderos, para sobre ellos poner esteras ó ramas que hagan oficio de tamiz, por donde pasen las aguas que han disuelto las sustancias, que pueden recogerse en la parte inferior.

En nuestro pais, generalmente se pone poco cuidado en la preparacion de un buen estiércol ; solo cuando se hace en pequeño es cuando se depositan en hoyos en los corrales, exponiéndolos durante un año á la accion de las aguas, que pasando á su través y disolviendo sustancias útiles como abono, son absorbidas por la tierra ocasionando pérdidas.

Cuando se acumulan en grandes cantidades, como sucede en poblaciones numerosas, en este caso se ponen en forma de grandes pirámides, no haciéndolo así los labradores, que generalmente van depositándolo en montones inmediatos á sus posesiones ó cortijos, y notándose en los sitios en que ha existido un monton de esta naturaleza por mucho tiempo la influencia de las aguas que se filtran, siendo por lo tanto mayor y mas lozana la produccion que en los puntos inmediatos.

Si en vez de emplearle en este estado se efectúa cuando ya no se notan caracteres de descomposicion, al menos exteriores, habiendo pasado á ser mantillo, entonces hay pérdida de sales amoniacales, que, como volátiles, desaparecieron, lo que hace, atendida su influencia, que no se utilice todo el poder fertilizante : de aquí que se aconseje fijarlos por medio del sulfato ferroso, práctica que dejamos reprobada, pág. 137, cuando se desee obtener la mayor cantidad posible de fosfatos solubles, segun resulta de los ensayos que se han efectuado, porque contienen mayor cantidad cuanto mas adelantada está la descomposicion, notándose que en el mantillo es mayor la cantidad de fosfatos. Nadie

mejor que el agricultor puede conocer, segun las necesidades de sus tierras, si le conviene poner mayor cantidad de nitrógeno en forma de sal de amoniaco á expensas de un poco menos de fosfatos solubles, ó por el contrario, si quiere sacrificar algo de nitrógeno para poner mas fosfatos.

Si consultamos las análisis que se han efectuado de esta sustancia al estado que se emplea, vemos, segun Braconnot, que en 100 partes hay 0,45 de fosfato calizo é indicios de fosfato de potasa, lo cual representa 0,27 de ácido fosfórico. Un estiércol procedente de Griñon ha dado á Mr. Soubeiran 1,1 por 100 de fosfato amónico-magnésico y 0,4 de fosfato calizo. Mr. Hanzeau ha encontrado que las cenizas del estiércol procedente de los animales del jardin de plantas contienen 0,26 por 100 de ácido fosfórico. Nosotros hemos observado que el estiércol fresco contiene 16,54 por 100 de agua; y el mismo, despues de desecarle á 100°, ha dado 18,85 por 100 de cenizas, las que contienen 0,93 por 100 de ácido fosfórico, que corresponde á 0,21 para el estiércol seco. Otro estiércol como el anterior, procedente tambien de cuadra, ha dado, despues de secarle á 100°, 20,167 por 100 de cenizas, teniendo 0,84 de ácido fosfórico, que corresponden 0,17 de este ácido por 100 de estiércol seco.

Otro estiércol, no del todo alterado, produjo 29,853 de agua por 100; el mismo ha suministrado despues de la desecacion 26,25 por 100 de cenizas con 1,35 de ácido fosfórico en 100 partes, que equivale á 0,50 por 100 de estiércol seco.

Un mantillo para tiestos y semilleros espuesto á las lluvias hemos visto que contenia 29,75 por 100 de agua, y despues de la desecacion ha dejado 71,0 por 100 de cenizas, que tienen 2,95 de ácido fosfórico, correspondiendo á 2,0 por 100 del mismo para 100 de mantillo seco.

Vemos, segun estos datos, que los tres desecados á 100° contienen:

1.°	100 de estiércol fresco.....	0,21	de ácido fosfórico.
2.°	100 de id. diferente.....	0,17	id.
3.°	100 de id. podrido.....	0,50	id.
4.°	100 de mantillo.....	2,0	id.

En vista de estos resultados, y teniendo en cuenta las causas de solubilidad de los fosfatos térreos, no deberá quedar la menor duda que se puede emplear el estiércol segun se desee en sales de amoniaco ó fosfatos, estando estos en la relacion aproximada, segun su estado, y siendo el 2.° = 1, como 1 : 1,2 : 2,9 : 11,7.

Hay que tener en cuenta que los tres estiércoles que comparamos no proceden de uno mismo, y por tanto no podemos saber cuál sería su composicion en los otros estados; por esta razon tenemos los dos primeros en experiencia para seguir la marcha de su descomposicion.

Habiendo expuesto con detalles este abono, por ser el que mas generalmente se emplea en todos los paises, fácilmente se podria calcular, por el ácido fosfórico que contiene, la cantidad que se necesitaria por hectárea para obtener una produccion dada; lo cual se calculará despues que se haya hecho el exámen comparativo de todos estos abonos.

Basura de poblacion.

Con este nombre se conoce el abono que resulta del *detritus*, tanto orgánico vegetal como animal de las poblaciones, como igualmente la arena y barro de sus calles.

Se sabe que es buscado este abono por los agricultores en razon de su baratura, y por lo general lo tienen depositado en las cercanías de las grandes poblaciones, sirviéndose de él con preferencia, no solo por su menor precio ya indicado, sino por los buenos efectos que origina en la produccion de cereales, por contener todas las sustancias propias á las necesidades de los vegetales.

Generalmente en las grandes poblaciones, donde se producen inmensas cantidades del abono de cuadra, este no se utiliza para la agricultura por razones económicas, siendo así que se dedica á la elaboracion de turba para la fabricacion de ladrillos, cuya industria consume mucho, pudiéndole pagar á mayor precio por la utilidad que su empleo reporta, al paso que el labrador encuentra una buena sustitucion con el primero, teniendo para esto la doble ventaja de conducirlo directamente á

sus tierras, donde lo deposita en la cantidad que juzga necesario para en época conveniente estenderle por la heredad, lo que no puede hacer con el estiércol fresco de cuadra, que exije estar en gran cantidad y esperar se efectúe la descomposicion, necesitándose lo menos un año, lo cual les ocasiona tenerlo que trasportar otra vez á las tierras desde el depósito cuando está ya en el estado conveniente.

Deseosos de ver el equivalente de ácido fosfórico en este abono, que no hemos encontrado en las obras que consultamos, nos ha sido preciso verificarlo, siendo tambien estensiva esta determinacion al nitrógeno. Para efectuarlo se han separado varias espuertas de uno de los depósitos donde cargan los labradores de los pueblos inmediatos á la Corte, se ha mezclado lo mejor posible, y de ello se ha elegido una cantidad (una espuerta), la cual se ha desecado, hecho polvo y tamizado hasta no dejar resíduo. Del polvo gris que resultaba, se tomó una pequeña porcion para someterla al análisis, la que se ha desecado completamente á 100°, sin determinar cuantitativamente el agua que en este caso perdia, porque el peso total de la sustancia habia dado por la desecacion incompleta un 33 por 100, cantidad muy variable atendiendo al orígen; por cuya razon debia referirse la análisis á su estado completo de desecacion. Debemos advertir, para hacer ver mejor los resultados que nos ha dado la análisis, que al tomarlo se hallaba en un estado completo de alteracion, al paso que reducido á polvo habia desaparecido totalmente su mal olor. Hemos encontrado por la análisis, que 100 partes en peso de sustancia desecada contienen 0,61 de nitrógeno y 1,56 de ácido fosfórico.

En vista de este resultado, nada nos deberán estrañar sus efectos sobre la vegetacion.

Aunque ligeramente, darémos una idea, segun los datos adquiridos (1), de la cantidad de nitrógeno y ácido fosfórico que representa la basura de Madrid.

Se calculan 124 carros los que se producen diariamente, de á 80 arrobas, lo cual hace 9.920 arrobas ó sea 3.620.800 arrobas por año

(1) Administracion del ramo de limpieza de Madrid.

que, descontando un 40 por 100 de agua, representan 2.172.480 arrobas ó 24.983.520 kilógramos de sustancia seca, los que contendrán 152.399 kilógramos de nitrógeno calculando 0,61 por 100, y 389.743 kilógramos de ácido fosfórico contando á 1,56 por 100, con cuya cantidad habria para abonar, si se pusiese á razon de 12 kilógramos que se consume por hectárea, una superficie de 32.478,5 héctareas, que producirian, siendo todo absorbido, la considerable cantidad de 305.298 hectólitros de trigo. Hoy se pagan 16 rs. por 100 arrobas, ó sea por 1.150 kilógramos, que representan 690 kilógramos de sustancia seca, ó 10^{k},8 de ácido fosfórico, lo que corresponde á 1 real 48 céntimos el kilógramo de este ácido, precio bien módico en atencion á otros paises y aun á algunas provincias de España. Con estos elementos no parecerá extraño lo que dejamos dicho anteriormente con relacion á los pueblos inmediatos á Madrid, donde por lo general se ponen 6 carros por fanega, ó sea 97 kilógramos de ácido fosfórico, que representa mayor cantidad que la necesaria segun cálculos hechos anteriormente.

El nitrógeno haciendo los mismos cálculos resulta á 3 rs. 80 cénts. el kilógramo.

Abonos minerales fosfatados.

En este grupo se pueden comprender las cenizas tanto de plantas como de huesos y los fosfatos naturales; pasarémos á ocuparnos de cada uno de ellos con la mayor brevedad posible.

Cenizas de plantas.

Estos cuerpos, aplicados en la agricultura, tienen por objeto, no solo mejorar las propiedades físicas de las tierras, sino que tambien contribuyen al desarrollo de los cereales por los fosfatos y silicatos que contienen.

La cantidad de fosfatos ó de ácido fosfórico que en ellos existe,

segun las análisis de Mr. Berthier y Mr. Boussingault (1), es muy variable. Su empleo como abono se halla muy generalizado, sobre todo en ciertos puntos de España, en que se incineran grandes cantidades de vegetales para utilizar sus cenizas.

En otros puntos, y particularmente fuera de España, se aplican despues de haberlas lavado para la separacion de las sales de potasa, existiendo en la parte insoluble los fosfatos en cantidad variable, segun la planta de donde procedieron. Se suelen poner en la proporcion de 40 á 60 hectólitros por hectárea; y sus efectos probables los dejamos explicados anteriormente al hablar de la influencia de los fosfatos.

Cenizas de huesos.

Suelen tambien utilizarse los huesos en forma de cenizas, siendo éstas muy ricas en fosfatos, empleándose mezclados con sustancias nitrogenadas, constituyendo los llamados guanos artificiales, y poniéndose en las mismas dósis que los huesos.

Fosfatos naturales.

Dejamos expuesto anteriormente las diferentes naciones que cuentan con grandes masas de estos cuerpos, buscados hoy con ansiedad en la agricultura.

La Inglaterra es la primera nacion que ha hecho uso de esta sustancia como abono, habiéndose generalizado segun lo permiten las circunstancias locales.

Varia mucho la composicion de estos minerales, y de aquí las encontradas opiniones de Mr. Delanove y Mr. Bobierre (2) respecto á los fosfatos fósiles de la Francia, suponiéndoles fosfatos férricos cálcicos,

(1) *Economie rurale*, pág. 96, I.
(2) *Comptes-rendus*, *J.* de 1859.

mientras otros, como Mr. Molon (1), hacen ver que son simplemente fosfatos calizos.

Sin tratar nosotros de entrar en cuestiones de esta especie, nos limitaremos á consignar en este lugar que tambien, como es sabido, la España tiene terrenos con grandes cantidades de fosfatos naturales, ya sea la esparraguina, ya la llamada fosforita, encontrándose la primera en Jumilla y la segunda en Logrosan. Segun datos suministrados por el propietario de estos terrenos, con cuya amistad nos honramos, parece que está reconocida esta formacion en una longitud de 2 kilómetros, una profundidad de 12 metros y una anchura de 4 metros, representando como se ve el término medio de la formacion por 96.000 metros cúbicos; que calculando por la densidad media 2,95 que hemos encontrado, representa 28.420.000 kilógramos de mineral que puede beneficiarse; existiendo además fuera de esta formacion otros puntos inmediatos con cantidades de fosfato de cal bien considerables, siendo esta última la que se halla en mayor cantidad. Nos concretaremos por ahora á exponer el resultado del análisis que hemos efectuado con distintos fragmentos de igual naturaleza que los remitidos á Inglaterra desde España. Se ha caracterizado el ácido fosfórico, la sílice, el ácido carbónico, el fluor, la cal y el hierro; no habiendo procedido á la determinacion cuantitativa sino del ácido fosfórico, carbónico, la sílice y la cal, dándonos los siguientes resultados:

Acido fosfórico.	40,521
Cal.	48,974
Sílice.	1,768
Acido carbónico.	0,250
Agua.	0,923
Fluor, hierro y pérdida.	7,564
	100,000

(1) *Comptes-rendus.—Août*, 1859.

Nuestro objeto ha sido solo ver la cantidad de ácido fosfórico y cal, para conocer á qué estado se encuentra en este compuesto, deduciendo, segun el resultado, hallarse al de sal tribásica, puesto que

$$71 : \underset{\text{eq.}^{te}\text{ del ácido fosfórico.}}{} \quad \underset{3\text{ eq.}^{tes}\text{ de cal.}}{3\,(28)} : : \underset{\text{Acido fosfórico.}}{40{,}521} : x = 47{,}92 \text{ de cal, que}$$

representan 88,441 por 100 de fosfato calizo. La cantidad de hierro era considerable, lo que nos hace creer que en los 7,564 la mayor parte sea debida á su presencia.

Esta es la sustancia de que nos hemos valido para ver la solubilidad en el agua destilada, de lluvia y carbónica, de que se ha hecho mencion en su respectivo lugar.

Los fosfatos naturales de la Francia, segun Mr. Molon, presentan distinta composicion, lo que ha dado lugar á las diferentes opiniones que hay acerca de su constitucion.

Veamos entre tanto el uso que se hace de estos fosfatos. Segun Mr. Molon (1), solo las minas que hay en Francia entregaron á la agricultura 2.250.000 kilógramos de este mineral bajo los diferentes estados siguientes:

1.° En polvo, disgregando antes el mineral por medio del calor y el agua, como se hace con el cuarzo.

2.° En polvo fin obtenido por pulverizacion.

3.° En polvo tratado por 20 por 100 de ácido clorhídrico y neutralizado despues por lechada de cal.

4.° En polvo tratado por 20 por 100 de ácido sulfúrico, neutralizando despues como al anterior.

5.° En polvo con 20 por 100 de clorhídrico, sin neutralizar.

6.° Fosfato disuelto y regenerado por la neutralizacion.

7.° Polvo fino mezclado con carbon animal.

8.° Polvo fino mezclado con sustancias putrescibles.

---

(1) *Comptes-rendus*, t. 46—233.

La composicion media de estas mezclas era de 50 por 100 en peso de fosfato de cal seco.

Se ha puesto en la proporcion de 5 hectólitros por hectárea, lo que da un total de 4.500 hectáreas abonadas.

Los resultados, segun Mr. Molon, fueron satisfactorios, excepto en dos casos, en que el fosfato adicionado de ácido sulfúrico hizo abortar las cosechas.

Limitándose el autor á lo que hemos expuesto, no nos es posible, como hubiéramos deseado, presentar mas detalles acerca de los resultados obtenidos, por carecer de cifras que lo hicieran manifiesto, para en su consecuencia deducir en cuál de estos diferentes estados los debemos emplear. Solo resulta, segun Mr. Molon, que deben aplicarse:

1.° A las tierras arcillosas, esquistosas, graníticas y silíceas, ricas en *detritus* orgánicos, en estado de polvo natural.

2.° A estas mismas tierras cuando son pobres en *detritus* orgánicos, ó se cultivan largo tiempo, ó bien si se han beneficiado con cal, en este caso debe ponerse en polvo mezclado con sustancias putrescibles.

3.° En los terrenos calcáreos, y particularmente en los cretáceos, se debe poner en polvo tratado con 25 por 100 de ácido clorhídrico, y adicionado de materias orgánicas.

Si comparamos estas prescripciones con cuanto dejamos espuesto en la parte primera de esta Memoria, verémos que están conformes con lo sentado por nosotros y con los experimentos que hicimos y se han dado á conocer, conviniendo emplearlos al estado de polvo fino cuando las tierras tengan sustancias orgánicas que se puedan descomponer, y no hallándose en este caso hay que adicionarlas, precisamente por la presencia del ácido carbónico y de las sales amoniacales, las dos causas que se han sentado como principales para favorecer la disolucion.

En vista de lo que acabamos de exponer, y de los experimentos citados anteriormente, aconsejamos á los agricultores que quieran hacer uso de este cuerpo como abono, le pongan en condiciones análogas á las que dice Mr. Molon, y repitan en grande nuestro experimento; estamos en la firme persuasion que si al colocar el estiércol se adicionase por capas ó mezclase bien con él la fosforita en polvo, en virtud de los

resultados obtenidos por la balanza, es de esperar que despues de la putrefaccion de las sustancias nitrogenadas habrá pasado en gran parte al estado soluble, y al adicionarle á las tierras podremos esperar un efecto inmediato para la primera cosecha, y la influencia ocasionada por el agua de lluvia y el ácido carbónico para los años venideros.

Esta es nuestra opinion, que hubiéramos deseado ponerla en práctica en la cosecha actual; pero no nos ha sido posible realizarla, si bien por nuestro consejo se ha mezclado ya con estiércol fresco para emplearla en la cosecha del año inmediato.

En atencion á lo espuesto, debemos esperar idéntico resultado de los huesos, si bien hoy en España no se podrian emplear en polvo por su precio elevado; en cambio todavía tienen un precio módico para que los labradores puedan despreciar la parte de nitrógeno quemándolos simplemente en invierno, proporcionándoles calor y luz, reduciéndolos luego á polvo y aprovechando las cenizas, operacion sencilla, que puede llevarse á cabo por cualquier medio grosero, si no se quiere efectuar en un molino; estendiéndolas despues en capas alternadas con el estiercol, ó mezclándolas como se ha dicho para la fosforita, con lo que se conseguiria tener un excelente abono. Esta operacion todavía puede hacerse á precio económico, á pesar de exportarse el hueso, como en otro lugar indicamos, á consecuencia de que el recojido en poblaciones distantes de vias férreas no puede trasportase á los puertos á precios módicos, y el labrador pudiera muy bien beneficiar esta riqueza, que deja utilizar á otras naciones.

Tambien, en virtud de los mismos principios, se pueden hacer mezclas de estas dos clases de abonos con sangre cocida y desecada, obteniendo los mismos resultados; pero en este caso el precio es algo mayor.

Otros de los abonos pertenecientes á este grupo que estudiamos son los fosfatos preparados artificialmente, como los de magnesia, amoniaco, etc.

El empleo de estos fosfatos, segun se ha visto por sus resultados, no puede ser mas satisfactorio; pero considerado en la parte económica, no permite el estado en que se encuentra hoy la industria en nuestro pais que se pueda emplear con ventaja. Puede ser, y quizá no esté lejano el

dia, que la industria saque partido de nuestros depósitos de fosfatos calcáreos, y por descomposicion los presente al estado soluble de fosfato de amoniaco, que, como hemos visto, tratándose de terrenos calizos y arcillosos, produce buenos resultados.

El dia que esto se consiga, la agricultura habrá dado un gran paso en la aplicacion de los fosfatos naturales; en tanto, no podemos menos de valernos de los medios que hemos dado á conocer.

En el mismo grupo de abonos debieran colocarse las aguas de riego, las que obran no solo como disolventes de los fosfatos por el ácido carbónico que contienen, sino tambien, aunque poco, por los fosfatos que hemos demostrado existen en ella, y de la misma manera actúan tambien por los silicatos. La utilidad de los riegos aplicados á los cereales es un hecho incontestable, como lo atestiguan las célebres vegas de Granada y otras muchas, como se reconoce fijando la atencion en el cuadro de la produccion; siendo ésta muy diferente de la obtenida en terrenos de secano. Ciertamente en las primeras se pone mucho mas abono, y puede esperarse mas de la mayor semilla que igualmente se siembra; pero sin el poder disolvente de las aguas nada se conseguiria.

Se deberán estudiar en este grupo las conchas, que en algunos puntos de nuestra costa se emplean como abono, obrando indudablemente por el fosfato que contienen, y tambien por la cal carbonatada, que hace variar las propiedades físicas de los suelos. Por último, las avenidas de los rios dejan sobre las tierras légamos ricos en varios principios, entre los que se encuentran los fosfatos y silicatos, por cuya razon deben pertenecer á los abonos minerales.

Antes de terminar el estudio de los abonos fosfatados, se nos permitirá decir dos palabras del resultado obtenido por los

Barbechos.

Se da este nombre al período de cultivo en que se abandonan las tierras á las acciones atmosféricas.

En nuestra Península está muy generalizado este descanso, sobre

todo en ciertas localidades en que es difícil la conduccion de abonos, ó se carece de ellos. Generalmente dura un año, y en ocasiones mas, segun la clase de tierras: unas veces se alterna con cultivo, llamado entonces en algunos puntos *año y vez;* otros se obtienen dos cosechas y descansa el tercer año.

El barbecho, considerado químicamente, no es otra cosa sino que llegado un período en que faltando á la tierra los alimentos necesarios para la asimilacion de los cereales, ya no pueden estos cultivarse; pero existiendo aún en la tierra sustancias capaces de trasformarse en nutritivas y asimilables despues de sucesivas descomposiciones por la accion del agua y aire, que obrando sobre los silicatos y fosfatos térreos insolubles los trasforma en solubles, y la tierra que al levantar la mies no tenia fosfatos solubles, al cabo de un año están estos en suficiente cantidad para alimentar una nueva produccion. Dicho está que si el barbecho es con objeto de cambiar la naturaleza de los fosfatos y silicatos, porque ya no los hay en las tierras, se podrán muy bien cultivar otras plantas que no absorban estos principios, sin contrariar por eso la accion del barbecho, sino favoreciéndola, sobre todo dejando en la tierra las partes verdes de las plantas que se cultiven. Así es como se esplica el llamado medio barbecho, ó sea el cultivo de legumbres el año que no se siembran cereales.

La accion del barbecho es mas activa si á las tierras se las hace mas porosas, y que presenten nuevas superficies al contacto del aire, que es el que hace efectuar la descomposicion: de aquí el dar á los suelos tres y cuatro vueltas cuando descansan.

A la accion del ácido carbónico y del agua de lluvia como disolvente, deberá añadirse la cantidad de ácido fosfórico que estas aguas arrastran al descender, la que, segun Mr. Barral, puede suministrar en un año 400 gramos por hectárea; de donde se deduce, segun el mismo autor, que el barbecho se acelera por esta causa de tal manera, que sin las aguas de lluvia se necesitaria mucho mas tiempo, y sacando por consecuencia que si un suelo no tuviese los silicatos y fosfatos indicados, bastaria la sola accion de la lluvia para darle todo el ácido fosfórico necesario para la produccion del trigo, solo que se exigirian mas años de descanso.

como lo prueban los 9^k á 12^k de ácido fosfórico que requiere cada hectárea, los que divididos por 400^{gr} que recibe anualmente, representan de 22 á 30 años de descanso.

Por cierta que aparezca esta teoría, fundada en el hecho de ver que en el agua de lluvia existe el ácido fosfórico, como nosotros tambien hemos demostrado, no obstante, en nuestro concepto está sujeta á ciertas observaciones muy dignas de tenerse en cuenta. Si es positivo que el agua de lluvia tiene el ácido fosfórico, queda alguna duda acerca de su cantidad, lo que demostraremos fácilmente, seguros de que convencerán nuestros argumentos. Se asigna la cantidad de $0^{mgr},09$ de este ácido para 1 litro de agua, y en nuestra opinion esta cifra no debe ser exacta, sin embargo que Mr. Barral la obtuviera, lo cual de ningun modo ponemos en duda; pero nos fundamos en que hemos tomado una disolucion de ácido fosfórico, en la que este último se encontraba aún en menor cantidad en un líquido, y sin embargo el molibdato de amoniaco le indicaba perfectamente sin calentar ni evaporar. Ahora bien, hágase lo mismo con igual volúmen de agua de lluvia, echando las mismas gotas de reactivo, y nada se notará; de donde deduciremos que en el agua de lluvia no habia la misma cantidad que en el otro líquido: pero evapórense los dos á un volúmen pequeño é igual, entonces se verá al agua de lluvia indicarle, al paso que el otro líquido presenta ya precipitacion, señal cierta que contiene mayor cantidad; de donde se infiere que el agua de lluvia tiene menos que los $0^{mgr},09$ que se la designan por litro.

Otro hecho que nos sirve para apoyar nuestra opinion, es el emitido por el mismo autor. En efecto, por las lluvias se da 400 gr. de ácido fosfórico cada año: á los 20 años las tierras estériles estarán en disposicion de cultivarse en ellas los cereales.

Si esto sucediera, la España sería una de las regiones mas favorecidas, en virtud de la accion fertilizante del ácido fosfórico de la lluvia, por tener terrenos bien estensos que no solo 20 años, sino mas de 20 siglos llevan en contacto del aire, recibiendo esta cantidad por año, y sin embargo nadie los ha visto producir una espiga de trigo. En este caso se encuentran nuestras estepas de la Mancha, Aragon y otros puntos. Cierto que se nos podrá decir que no es solo el ácido fosfórico el que necesitan

los cereales, sino tambien los silicatos, que no están en estas tierras, lo que en efecto no podemos menos de admitir, aunque no en absoluto; pero en este caso las tierras de que tratamos debian tener á razon de 800 kilógramos de ácido fosfórico por hectárea, producto de los 20 siglos. Tratando de estudiar esta cuestion, hemos analizado una tierra procedente de Chinchon, donde sabido es que pueden servir de tipo de la clase que citamos, y cuyo resultado hemos consignado (pág. 113); y sin embargo del interés con que buscábamos el referido ácido, no le hemos hecho palpable, ni con el agua ni con los ácidos, y solo percibimos un ligerísimo indicio en este último caso; por lo cual estamos autorizados, ó para creer que los 800 kilógramos han desaparecido sin saber por qué causa, ó bien que la tierra nunca recibiera esta cantidad. Nos inclinamos desde luego á esto último, lo cual viene en apoyo de poner en duda que el aire ó el agua de lluvia contenga la proporcion admitida, en cuyo caso es sola la accion del aire y del agua la que obra sobre las tierras para hacer solubles los fosfatos térreos, y por tanto que las tierras adquieran fertilidad por medio de los barbechos.

Abono puesto por hectárea y coste de 1.000 kilógramos.

En uno de los capítulos anteriores se ha dado á conocer el cálculo necesario para saber aproximadamente la cantidad de abono que debe ponerse por hectárea, no insistiendo de nuevo en ello, sino haciendo ver en el presente capítulo las cantidades que la práctica emplea en las diferentes provincias de España.

Esto es lo que desearíamos presentar de una manera muy próxima á la realidad, pero que lo haremos imperfectamente, por no haber reunido el suficiente número de datos, y los que se nos han suministrado, lo fueron por el mismo conducto que los de la produccion. Para hacerlo con mas claridad, hemos reducido las diferentes medidas que se usan para los abonos, como son espuertas, serones, cargas y carros á kilógramos, como igualmente las fanegas, obradas, robos, etc., á hectáreas. y todos estos datos los hemos reunido en forma de cuadro, como puede verse en el adjunto.

Cuadro de abonos normales.

Núm.	LOCALIDADES.	Kilógramos por hectárea.	Coste. — *Reales.*	Precio de los 1.000 kg. — *Reales.*	Precio del Kil. de Nitróg. — *Reales.*	Precio del K. de Ac. fosf. — *Reales.*
1	Alava	15.000	1.300	86	14	6,6
2	Avila	36.000	160	15	6,5	0,34
3	Badajoz	1.380	300	217	36	16,6
4	Barcelona	5.200	500	96	16	7,38
5	Cáceres	8.280	130	36	0,6	2,77
6	Colmenar (Granada)	4.700	300	63	10,5	4,84
7	Córdoba	7.000	240	34	5,6	2,61
8	Granada	17.000	300	43	7	3,30
9	Guadalajara	10.300	140	13	2	1,00
10	Guipúzcoa	12.000	1.040	86	14	6,61
11	Leon	10.000	160	16	2,7	1,38
12	Madrid (basura de calle)	27.000	390	14	6	1,10
13	Málaga	10.000	2.000	200	2	15,00
14	Molina (Guadalajara)	1.100	80	72	12	5,5
15	Murcia	40.000	2.000	30	5	2,3
16	Miranda de Arga (Navarra)	10.000	720	72	12	5,5
17	Pamplona (basura de calle)	4.200	180	42	7	3,23
18	Palencia	27.600	600	21	3	1,61
			Precio medio		8,99	4,75

Su inspeccion nos hace ver: 1.° la gran diferencia que existe entre las cantidades puestas por hectárea, comprendido desde 1.100 kilógramos á 40.000 kilógramos; 2.° el distinto precio para los 1.000 kilógramos del mismo abono, variando tambien entre 13 rs. y 217 rs., lo que hace que los precios del kilógramo de nitrógeno y ácido fosfórico varien en la proporcion de 0,1 á 16 para el último y 2 á 36 para el primero. Si en vista de esto queremos deducir el valor medio de estos elementos, nos encontramos con 9 rs. 28 céntimos para el kilógramo de nitrógeno, y 4 reales 88 céntimos para el del ácido fosfórico.

Distamos mucho de tomar estos números como la verdadera representacion del precio medio de España, y creemos que en vista de mayor

número de datos este ha de ser menor que el admitido; pero lo conservamos hasta que podamos adquirir mayores conocimientos en un asunto de tanto interés económico como el presente.

Réstanos advertir, que las cantidades representadas en la segunda columna se entiende que son de los abonos de cuadra podridos, ó al menos descompuestos en gran parte, que son los que emplean nuestros agricultores, conteniendo de un 56 á 60 por 100 de agua, escepto en las inmediaciones de las grandes ciudades, donde utilizan la basura procedente de las calles, cuya composicion ya conocemos.

Equivalentes de los abonos con relacion al ácido fosfórico y nitrógeno.

Así como generalmente suele ser el nitrógeno el que da valor á los abonos, y se dice equivalente en nitrógeno la cantidad relativa que contenga de este elemento, comparado con otro abono que se toma por tipo, de la misma manera podemos elegir por equivalente al ácido fosfórico, y relacionarle con otro abono que sea tambien el que nos sirva de norma; y en este caso se encuentra el abono de cuadras, que hemos visto hace un momento era el mas generalmente empleado, y que será el que tomaremos como término de comparacion, por ser el que se encuentra con mas frecuencia y el que menos varia de composicion. A la cantidad de ácido fosfórico que contenga este abono se la considera como *ciento*, pudiéndose referir á ella todos los demas, entrando por números enteros, lo cual, como se infiere, es un convenio, pero que nada implicará en el resultado, tratándose solo de relaciones. Esto hace que pueda tomarse lo mismo al estado húmedo que desecado, con tal que para la comparacion nos coloquemos en idénticas circunstancias. Para mayor claridad pondremos esta equivalencia en los dos estados, y en forma de cuadro como el adjunto.

Valor de los abonos con relacion al ácido fosfórico y nitrógeno.

NOMBRES	Agua por 100.	Nitrógeno en 100.		Acido fosfórico en 100 de sustancia seca.	Equivalente del ácido fosfórico al estado seco.	Equivalente del nitrógeno en sustancia húmeda.
		Seco.	*Húmedo.*			
Estiercol de cuadra fresco	16,5	2,08	0,41	1,0	69.	68
Id. id. á medio podrir.	66,7	1,87	0,6	1,45	100	100
Paja, término medio	19,3	0,3	0,24	0,22	15	40
Plantas marinas	39,2	1,41	0,86	0,49	33	143
Carne cocida y desecada	8,5	14,25	13,04	0,24	16	2166
Sangre id. id	21,4	15,5	12,18	1,68	125	2033
Orina de vaca	88,3	3,8	0,44	0,2	13,0	73
Materias fecales desecadas	28,0	2,47	1,78	4,8	331	296
Huesos	7,5	7,58	7,02	24,0	1655	1170
Excrementos de vaca	8,9	2,30	0,32	0,74	51	53
Id. de oveja	52,3	1,7	0,81	1,45	100	135
Id. de puerco	84,0	4,4	0,7	3,87	266	116
Id. de palomas	9,6	9,02	8,3	0,6	41	1383
Guano del Perú	25,6	7,42	5,52	20,0	1379	920
Cenizas de huesos	4,7	3,4	1,06	33,5	2310	176
Basuras de poblacion	33,0	0,61	0,3	1.63	112	50
Fosforita de Logrosan	»	»	»	40,0	2758	»
Hollin	5,6	1,31	1,15	1,0	68	190
Conchas	»	»	0,05	0,65	44	7

En vista del presente cuadro, facilmente puede comprenderse que, por ejemplo, el excremento de oveja puede sustituir al normal, ocupando menos volúmen y teniendo mayor cantidad de nitrógeno; de la misma manera que el excremento de vaca tiene la mitad del valor del abono normal con relacion al ácido fosfórico, y le sucede lo mismo con respecto al nitrógeno. En cambio tenemos los huesos, cenizas y fosfatos naturales, que nos representan muchas veces el ácido fosfórico del abono normal.

Este cuadro sirve, no solo para la inmediata aplicacion de uno ú otro de los abonos, segun el equivalente que mas convenga, sino que en atencion á los precios que tengan en el mercado, podrá conocerse

cuál es mas económico, y qué efecto útil debiera esperarse del capital invertido.

En los paises agrícolas, los precios están relacionados por lo general con su equivalente en cualquiera de estos elementos, regulándose en Francia en 2 francos para el kilógramo de nitrógeno y 1 para el del ácido fosfórico; no obstante, no es el mismo el precio en París que en la Alsacia, como igualmente se ha hecho ver que en Madrid vale 1 real el kilógramo de ácido fosfórico y en otros puntos aumenta de precio, dependiendo de la mayor ó menor cantidad que haya en una poblacion; por lo cual el agricultor deberá conocer á fondo estas equivalencias, si bien se hallan sometidas á ligeras variaciones de composicion, que no tienen una gran influencia tratándose de cultivos en grande.

EPÍLOGO.

De todo cuanto se ha espuesto en este pequeño trabajo, se deduce:

1.° Que los fosfatos tienen una influencia directa en la vegetacion en general y en la de los cereales en particular.

2.° De todos los fosfatos, los alcalinos y los de cal y magnesia, son los que obran directamente, trasformándose los últimos en solubles y pasando á los vegetales para condensarse en el fruto.

3.° Las causas principales de la disolucion de los fosfatos son el ácido carbónico, las sales amoniacales, y los ácidos acético y láctico.

4.° Cada una de estas causas puede contribuir á efectuar la disolucion bajo distintas formas, segun las circunstancias.

5.° Una vez que estos fosfatos hacen parte del fruto, pueden, por el ácido láctico que se origina durante la germinacion, trasformarse en solubles, y por algun tiempo subvenir á las necesidades del nuevo sér que se va desarrollando.

6.° En vista de lo que antecede, la aplicacion de estas sales al cul-

tivo de los cereales, se deberá hacer de manera que estén en las condiciones en que vemos se pueden disolver.

7.° Por las análisis que presentamos de varios cereales de la Península se viene en conocimiento, atendida su produccion, de la cantidad de fosfatos que habrá que añadir á una tierra para tener un máximo de cosecha.

8.° Teniendo en cuenta las propiedades de algunos abonos, los podemos emplear simplemente sin mas que dejarlos llegar al período de descomposicion en que contienen mayor cantidad de fosfatos disueltos.

9.° Cuando se desee que actúen inmediatamente, deberemos mezclar con el abono normal los fosfatos naturales que poseemos, ó en su lugar los huesos en polvo ó en cenizas.

10. Conocido el valor de los abonos con relacion al ácido fosfórico, el agricultor puede elegir el que mas le convenga, procurando colocarle en las condiciones que se han indicado para tener mayor cantidad de fosfatos solubles.

11. No se deberán añadir ácidos minerales para disolver los fosfatos térreos, sin neutralizarlos antes de llevarlos á los campos.

12. De ningun modo se mezclará el sulfato ferroso con los abonos si se desea tener mas fosfatos asimilables.

13. Tampoco se añadirán ácidos minerales á los abonos para fijar el amoniaco ó disolver los fosfatos que en ellos existen, porque, como se ha indicado, impiden y detienen su descomposicion.

14. Es suficiente, para mezclar los fosfatos naturales ó las cenizas de huesos con los abonos orgánicos, poner una parte en peso de los primeros para 100 de estiércol, seguros que con esta pequeña adicion, que es bien económica, puesto que solo asciende á un gasto de 4 á 6 rs. (1) para cada 1.150 kilógramos de abono que pone á sus tierras, se mejoran sus condiciones, siendo este abono el que contendrá mas ácido fosfó-

---

(1) Valor en Madrid de 11,5 kilógramos de cenizas de hueso, 4 rs.—Id. de huesos en rama, 4 rs. los 46 ks. (quintal).— Id. 11,5 kilógramos de fosforita quebrantada, en Logrosan, 4 rs.

rico y á menor precio que ningun otro, pudiendo esperar de él varias cosechas.

Nuestros labradores deberán mirar esta importante cuestion con mas detenimiento que hasta el dia, porque desconociendo en su mayor parte las condiciones de la vida de los vegetales que cultivan, tienen en sus manos los mejores alimentos que estos necesitan, y no obstante, dejan trasportarlos á otros paises, como sucede con la fosforita, que de Logrosan, y pasando por Lisboa, se ha mandado á Londres en miles de quintales, saliendo en este último punto de 500 á 600 rs. tonelada, ó sea de 6 á 7 rs. los 11,5 kilógramos (arroba).

Nosotros desearíamos, en atencion á todas nuestras observaciones, que abandonando prácticas las mas veces rutinarias, entráran en la via de la experimentacion, seguros que obtendrán favorables resultados, compensándose con esto las miras de la celosa Corporacion que propone temas como el presente, dirigido á mejorar un ramo de la agricultura que, bien entendida, y contando con la feracidad de nuestro suelo, no tendria rival en el mundo, cabiéndonos entonces la gloria de haber contribuido por nuestra parte, con todos los medios de que hemos podido disponer, al bien estar de nuestro pais.

APÉNDICE.

En varias ocasiones, al hablar de la determinacion del ácido fosfórico y análisis de los cereales, se ha dicho que era operacion sencilla, y que cualquiera podia efectuarla ; y nos toca en este sitio hacer presente que habiendo ensayado y comparado la mayor parte de los muchos métodos conocidos para determinar el ácido fosfórico, hemos preferido en muchas ocasiones reducir las sustancias á cenizas, favoreciendo la oxidacion con algunas gotas de ácido nítrico, y despues de la adicion de agua y filtracion añadir estaño al líquido ácido, para poder, fundándose en la propiedad que tiene el fosfato de estaño de ser insoluble en el ácido nítrico, determinarle en este estado ; método ya conocido, pero que si bien no está exento de algun pequeño error, su brevedad le hace preferible, en este caso, al procedimiento de Chancel.

Muchos ensayos hemos intentado con objeto de ver si el molibdato de amoniaco era aplicable á la determinacion cuantitativa del ácido fosfórico, pero todos nuestros esfuerzos han sido inútiles. La precipitacion tan abundante que produce depende de las cantidades relativas del molibdato de amoniaco y del ácido libre, ya sea el nítrico ó el clorhídrico, no siendo por lo tanto el precipitado un cuerpo de composicion constante, como lo hemos comprobado repetidas veces por análisis directas que se han efectuado poniendo cantidades conocidas de fósforo disuelto en el ácido nítrico, y los precipitados obtenidos han distado mucho de demostrarnos la cantidad calculada de antemano ; por lo cual no es posible emplearle con este objeto, ni tampoco por el método volumétrico, que tambien, aunque sin buen éxito, se ha ensayado. Quizá otros mas afortunados, ó con mas esperiencia, lo consigan ; pero será siguiendo un camino distinto del nuestro.

FIN.

INDICE.

Introduccion	Página.	9
Generalidades acerca de los vegetales		10
Germinacion		10
De la vegetacion		13
Influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion		14
Existencia de los fosfatos en las plantas		15
Cantidad de ácido fosfórico en los vegetales		21
Efectos de los fosfatos en la vegetacion		29
Origen de los fosfatos		48
Estado en que son asimilados los fosfatos		57
Causas naturales de metamórfosis de los fosfatos térreos		84
Distribucion de los fosfatos en los vegetales		85
Alteraciones de los fosfatos absorbidos		87
Segunda parte		89
De los cereales		90
Terrenos para el cultivo del trigo		104
Relacion entre la semilla y la superficie		114
Produccion media		119
Relacion entre la paja y grano		122
Cantidad de ácido fosfórico que necesitan los cereales para su desarrollo		123
Necesidad de añadir fosfatos á las tierras		128
Abonos		132
Formacion de los abonos normales como disolventes de los fosfatos térreos		133
Aplicacion de los abonos fosfatados		148
Grado de fertilidad de las tierras		150
Abonos fosfatados de origen orgánico		153
Abonos fosfatados de origen animal		154

Carnes. 154
Sangre. 157
Orina y heces. 158
Huesos. 164
Excrementos de oveja. 169
Palomina. 170
Guano. 170
Abonos fosfatados orgánicos. 171
Abonos vegeto-animales. 172
Estiercol. 172
Basura de poblacion. 176
Abonos minerales fosfatados. 178
Cenizas de plantas. 178
Cenizas de huesos. 179
Fosfatos naturales. 179
Barbechos. 184
Abono puesto por hectárea. 187
Abonos normales. 188
Equivalente de los abonos. 189
Valor de los abonos. 190
Epílogo. 191
Apéndice. 194

ERRATAS PRINCIPALES.

PÁG.	LÍNEA.	DICE.	LÉASE.
9	última	al	el
28	26	1,5 magnesia	1,5 cal
29	3	70 eq. de ac. fosf.	71 eq. ac. fosf.
Id.	id.	19,17	19,14
Id.	5	42,49	42,51
Id.	13	combinados	combinado
Id.	14	de este	este
31	figura	4,6 metros	5,5 metros
32	1	granos	gramos
33	21	todos	todas
38	26	época	poca
40	23	3 y el del 2	3 que el del 2
50	23	0,0005	0,00005
Id.	24	0,00005	0,0005
53	6	si no se someten	si se somete
Id.	27	0,05 miligr. 0,09 mil.	0,05 miligr. á 0,09 milig.
54	9	0,05	0,5
55	2	y partir	y á partir
66	16	resultado. Deduciendo	resultado; deduciendo
Id.	30	3.ª CaO, PhO_5	3.ª 3 CaO, PhO_5
67	5	no podemos	podemos
Id.	13	conserva	se conserva

68	24	admitimos	admitamos
71	7	3 (KO, PhO_5)	3 KO, PhO_5
75	10	nitrato	nitrito
85	3	explicaciones	aplicaciones
94	24	13 y 32	13 y 38
102	2	N.	Nitrógeno
119	1	primero	segundo
120	29	4 y 26	4 y 25
130	última	fosfato	fosforita
135	29	fosfatos	fosfuros

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

DE MADRID.

TOMO VI.

2.ª SERIE. — CIENCIAS FISICAS. — TOMO 2.º — 2.ª PARTE.

Sm. 865 — 3

MEMORIA

PREMIADA

EN EL CONCURSO PUBLICO ABIERTO POR LA ACADEMIA PARA EL AÑO 1862

SOBRE EL TEMA

Influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion y procedimientos mas económicos para utilizarlos en la produccion de cereales en la Península.»

ESCRITA

POR DON RAMON DE MANJARRES Y BOFARULL,

Catedrático por oposicion de química industrial y análisis química en la escuela industrial superior Sevillana.

INTRODUCCION.

In laboribus comedes ex ea cunctis diebus vitæ tuæ.
(*Genes.* cap. 3, v. 17.)

Antes de entrar en materia debemos hacer una salvedad. Vamos á tratar la cuestion planteada por la Academia de Ciencias naturales bajo su punto de vista más general. Los *fosfatos térreos* á que se refiere el programa, se encuentran en el reino mineral, hallándose tambien en el reino orgánico. Nosotros no nos limitaremos á tratar de los fosfatos térreos que existen en el reino mineral; buscaremos dichos fosfatos donde se encuentren; estudiaremos su *influencia sobre la vegetacion*, y *buscaremos los procedimientos más económicos para utilizarlos en la produccion de cereales*, sea cual fuere su origen.

Principios generales acerca del crecimiento y composicion de las plantas.

Si las plantas tomaran todos los elementos que necesitan de la atmósfera que las rodea, la tierra solo les serviria como de punto de apoyo, y las generaciones de vegetales se sucederian unas á otras, sin que se agotaran nunca los principios á los cuales deberian su nutricion. Esto es precisamente lo que sucede con las plantas submarinas. (*Liebig.*)

Las plantas terrestres, para crecer y adquirir todo su desarrollo, exijen el concurso del suelo y de la atmósfera, tomando de uno y de otra los elementos sólidos, líquidos y gaseosos que necesitan.

Los vegetales absorben por sus partes verdes durante el dia el ácido carbónico de la atmósfera, y asimilándose una parte de carbono, desprenden cierta cantidad de oxígeno. Privados de los rayos solares, por el contrario, absorben oxígeno, y desprenden ácido carbónico. El vegetal se asimila además, segun Ville, cierta cantidad de azoe de la atmósfera.

Las materias nitrogenadas existentes en el terreno proporcionan tambien á las plantas, con su descomposicion, una cantidad de azoe, la cual si no es completamente indispensable para la vegetacion, contribuye por lo ménos al pronto desarrollo de la misma. Las plantas toman, además, del terreno diferentes principios minerales, muchos de ellos indispensables para la formacion de determinados órganos. Todos estos principios fijos los encontramos despues en el residuo resultante de la incineracion del vegetal.

La potasa, la sosa, la cal, la magnesia, la alúmina, el hierro y tal vez el manganeso y otras bases, forman parte de las cenizas de las plantas. Estas bases se encontraban en el vegetal combinadas con ácidos orgánicos, los cuales, al incinerar aquel, se han descompuesto, quedando las sales respectivas convertidas en carbonatos ó solo en sesquióxidos.

Las cosechas sucesivas consumen cierta porcion de estos principios

que existian en el terreno, pudiéndose dar el caso que alguno de ellos, que tal vez exista en corta cantidad, y que es al mismo tiempo indispensable para la vegetacion, llegue á disminuir considerablemente, y hasta á desaparecer del todo de dicho terreno. Llegado este caso, el suelo ya no puede dar las cosechas que daba primitivamente, á no ser que por medio de *abonos* se restablezca su composicion primitiva.

La experiencia ha demostrado en agricultura que la cantidad de materias vegetales producidas en una superficie dada, aumenta con la adicion de ciertas sustancias que primitivamente formaban parte del mismo suelo, y que despues han sido absorbidas por las mismas plantas. (Liebig.)

Reseña histórica.

La influencia de los abonos es conocida desde muy remota antigüedad, si bien se empleaban empíricamente.

Muchos escritores griegos se ocuparon de esta importante materia; y Teofrasto, en su *Historia de las plantas*, habla *del aprovechamiento de las deyecciones humanas como abonos.*

Entre los escritores latinos vemos que Caton, que escribió sobre la agricultura 150 años antes de Jesucristo, se ocupó tambien de toda clase de abonos animales, especialmente de los estiércoles.

Los romanos siguieron las lecciones de los griegos y cartagineses. Lo mismo que otros pueblos agrícolas de la antigüedad, no perdonaban medio para procurarse estiércoles para sus campos; no conociendo, sin embargo, el abono por medio de agentes minerales. En defecto del estiercol de los ganados y de las aves convertian los vegetales en abonos, sembrando legumbres y enterrándolas con el arado antes de que granasen; quemaban el rastrojo, y acampaban el ganado en medio de las tierras.

Bajo el nombre de *Sterculius* ó *Esterquilinius* veneraron al dios Saturno, padre de la agricultura, porque habia recomendado el empleo del excremento de los animales para fecundizar el suelo.

Columela, célebre agricultor y escritor gaditano, que floreció bajo

el imperio de Augusto Cesar, habla de los abonos animales, dando en general la preferencia al estiercol de las aves; indicando además la manera de formar un estiercol con las *cenizas*, el depósito de las cloacas, el rastrojo y las barreduras, en el caso de no poder disponer de ganado ni de materias excrementicias.

Plinio el Mayor dice haber visto en las Galias y en Inglaterra hacer uso de las margas para abonar las tierras; práctica desconocida por los romanos de su época.

El *guano*, este abono tan rico en materias azoadas y en fosfatos, era empleado en pequeñas dosis en las costas estériles del Perú mucho antes del descubrimiento de las Américas.

El uso de los abonos debió sujetarse á reglas científicas desde que el análisis químico hizo ver la composicion del aire, la de la tierra y la de los vegetales.

Hasta fines del siglo pasado se consideraban como principios indispensables á la vegetacion el carbono, el oxígeno y el hidrógeno; admitíase la existencia de una corta cantidad de azoe en ciertos principios inmediatos vegetales; sabíase tambien que las plantas absorbian de la tierra las sales y sustancias orgánicas suministradas por los abonos que el agua tiene en disolucion; sin embargo, no se determinaba de modo alguno el importante papel que los elementos minerales representan en la vegetacion, ni mucho ménos se creian indispensables para el completo desarrollo del vegetal.

Berthollet, en su *Statique Chimique*, publicada en 1803, da á conocer que las plantas herbáceas contienen mayor cantidad de tierras que las leñosas y estas mayor que los árboles. Cita experimentos de Saussure que tienden á comprobar que la magnesia, la alúmina y la sílice no toman origen en la planta en el acto de la vegetacion, sino que proceden del terreno; y á pesar de que sienta como principio que estas tierras y las sales de ácido mineral que se introducen en las plantas se encuentran *accidentalmente* en la economía vegetal, no deja de conceder cierta importancia á las mismas al decir que *una parte de los materiales en la vegetacion ordinaria debe proceder de la tierra, y entrar en la composicion* de la sávia.

Los autores posteriores á Berthollet admiten con poca diferencia esta misma teoría; y si bien muchos de ellos sientan que los *principios indispensables á la vegetacion son el oxígeno, el hidrógeno y el carbono,* no dejan sin embargo de advertir que algunas de las sustancias minerales contenidas en las plantas, *parecen indispensables á la vida de determinadas especies*, citando como ejemplo las plantas marinas, que contienen constantemente cloruro de sodio, yoduro de potasio y bromuro de magnesio; el trebol y la alfalfa, que solo crecen bien en terrenos selenitosos; la borraja, el girasol y la parietaria, que no vegetan con lozanía sino en terrenos salitrosos, etc. (*Girardin, lecciones de química*, 2.ª edicion, 1839.)

El análisis químico puso de manifiesto en aquella época la verdadera composicion de las cenizas. La potasa, la sosa, la cal, la magnesia y la alúmina fueron reconocidas en las cenizas como procedentes del terreno, y absorbidas por las raices del vegetal, en cuya sávia se encontraron disueltas en combinacion con los ácidos minerales, carbónico, sulfúrico, fosfórico y nítrico; ó con los ácidos orgánicos, como el tartárico, cítrico, oxálico y otros, ó bien formando cloruros y otras combinaciones binarias.

Berzelius, el fundador de la química moderna, avanzó más que los químicos franceses de su época. En la edicion de su *Tratado de química de* 1838. indica ya algunos de los fenómenos cuyo descubrimiento se atribuye á los experimentos de Liebig, Ville y de otros químicos modernos. Berzelius, sin pretensiones de resolver el gran problema de la asimilacion de los fosfatos, reconoció toda la importancia que tienen estas sales para el perfecto desarrollo de las gramíneas; é indicó los diferentes casos en que los fosfatos térreos se disuelven, ya en los ácidos nítrico y clorhídrico diluidos, ya en las aguas cargadas de ácido carbónico, ya en fin *bajo la influencia de ciertas materias orgánicas no ácidas, con las cuales forman combinaciones solubles ó insolubles, y cuyo papel es sumamente importante en las operaciones químicas y orgánicas de los minerales y de los vegetales.*

Liebig, Boussingault, Payen, Gasparin y otros químicos modernos, no tan solo han sentado terminantemente que estas materias minerales

son tan indispensables al vegetal como el mismo ázoe, sino que han hecho ver la necesidad de *devolver al terreno en forma de abonos la cantidad de sustancias minerales que han sido asimiladas por los vegetales producidos por el mismo suelo*. Esta opinion es la que hoy dia prevalece en el mundo científico, y la que está mas conforme con la práctica y la experiencia.

De los abonos en general.

Se da el nombre de abono á toda sustancia mineral, vegetal ó animal, propia para conservar, aumentar ó restablecer la fecundidad de una tierra.

Para un vegetal determinado, el mejor abono es aquel que presenta á la planta el azoe y los principios que entran en la composicion de la misma *bajo una forma asimilable* para él.

Las sustancias que concurren al crecimiento de las plantas podemos dividirlas en dos clases: la 1.ª comprende el oxígeno, el hidrógeno, el ázoe y el carbono, elementos que encuentra en el aire, en el agua y en los cuerpos resultantes de la descomposicion de los abonos orgánicos; la 2.ª clase comprende las sales térreas y alcalinas que constituyen las cenizas de los vegetales, las cuales proceden de los elementos del suelo ó de la parte mineral de los abonos. La materia orgánica de un vegetal, es decir, la parte compuesta de oxígeno, hidrógeno, carbono y azoe está en general en mayor cantidad que la que se ha suministrado á la planta en forma de abonos (*Boussingault*); lo cual, sin negar la eficacia de los abonos, conduce naturalmente á pensar que la atmósfera puede procurar al vegetal todos estos elementos.

Los abonos que se suministran á las plantas con el fin de procurarles estos principios, y en particular el azoe, se llaman *abonos azoados*, y proceden del reino orgánico. La agricultura tiene generalmente medios para procurarse estos abonos á bajo precio y en grandes masas. El objeto de nuestro trabajo exije que prescindamos, á lo ménos por ahora, de dichas materias; las cuales, sin embargo, nunca dejan de suministrar tambien al vegetal ciertos principios de naturaleza mineral.

Las sustancias minerales que contienen las plantas no pueden considerarse como accidentales. Los vegetales regados con agua destilada viven y crecen en un suelo completamente privado de materias salinas, pero no adquieren el vigor que en un suelo rico de aquellos principios.

La parte inorgánica de un vegetal procede del suelo ó de los abonos. Si en uno y en otro falta la cantidad indispensable de sales térreas y alcalinas asimilables para la formacion y completo desarrollo del vegetal, este nace y vive enfermizo, desarrolla únicamente las partes que pueden subsistir á beneficio de los elementos que encuentra en la atmósfera, pero se seca antes que haya pasado por todas las fases de la vegetacion.

Estas materias inorgánicas se proporcionan al vegetal por medio de abonos orgánicos que las contengan, ó por medio de *abonos minerales* propiamente dichos.

Los vegetales hasta cierto punto no admiten indiferentemente los principios minerales que existen en el suelo. Las plantas marinas, cuyas cenizas contienen carbonato de sosa, languidecen en un suelo completamente privado de cloruro de sodio, mientras que otras no toman más que una pequeña cantidad de dicha sal. La parietaria, la ortiga, la borraja y el girasol se asimilan una gran cantidad de nitratos; mientras que otras plantas que viven en el mismo terreno, presentan tan solo indicios de dichas sales en su composicion. El trigo, al lado de las remolachas y de los nabos, toma en un mismo terreno una cantidad de ácido fosfórico ocho veces mayor que la que toman los otros dos vegetales. En un mismo vegetal, los principios minerales se fijan en una parte con preferencia á otra: así la paja seca de trigo contiene una cantidad de sílice 50 ó 60 veces mayor que el resto del vegetal: las cenizas del grano del trigo contienen más de la mitad de su peso de fosfatos, mientras que las cenizas de los tallos herbáceos del mismo contienen escasamente un 12 por 100. (Saussure.)

Algunos de estos principios, por ejemplo los fosfatos, no existen en la tierra en cantidades inagotables. Si en un suelo se suceden unas á otras las cosechas de cereales sin devolver al mismo la cantidad de fosfatos y otras sales que las plantas se asimilaron, podrá dicha tierra,

durante cierto número de años, conservar su fertilidad á beneficio de labores profundas que revuelvan el *subsuelo;* pero tarde ó temprano llegará á un estado de *esquilmo* ó *empobrecimiento*, que no podrá satisfacer las exijencias de un cultivo lucrativo. Liebig cita la Virginia como un ejemplo de esta clase, cuyo pais, en otro tiempo muy fertil, no puede hoy dia alimentar el tabaco y los cereales. Tal vez encontraríamos otro ejemplo en algunas regiones de la costa de Africa, y especialmente en la Argelia.

Las tierras esquilmadas vuelven á fertilizarse añadiéndoles cierta cantidad de los principios minerales de que carecen, y que son indispensables para el vegetal que se trata de producir. Ciertas tierras compuestas casi en su totalidad de arcilla y arena, á pesar de su buena apariencia, no producen trigo ni legumbres hasta que se les echa cal: despues de este abono, las primeras cosechas que producen sobrepujan toda esperanza.

Si por medio del análisis químico llegamos á conocer con exactitud la composicion de un suelo y la de las cenizas del vegetal que ha de producir, bastará añadir á la tierra los principios minerales que le faltan para obtener una cosecha abundante. Por este medio, dice Liebig, *podrá el labrador imitar el proceder de una manufactura bien organizada; llevar un libro para cada uno de sus campos; determinar con anticipacion y exactitud la naturaleza y la cantidad de todas las sustancias que debe añadir despues de tal ó cual cosecha, para mantener su fertilidad primitiva; calcular y espresar de un modo positivo las libras de tal ó cual principio mineral que deberá añadir al suelo para aumentar su fertilidad respecto de cada especie de plantas.*

Haremos observar, sin embargo, que á pesar de la exactitud de las operaciones analíticas, no basta en ciertas circunstancias añadir tal ó cual principio á la tierra; es preciso además que aquel se presente al vegetal bajo una forma asimilable; y si nos concretamos á los fosfatos térreos, que son el principal objeto de este opúsculo, encontraremos ejemplos bien palpables de lo que acabamos de manifestar, y que más adelante espondremos estensamente.

PRIMERA PARTE.

Influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion.

Vamos á considerar esta cuestion bajo un punto de vista general, dando á conocer la opinion de los principales químicos acerca del particular.

Las semillas, lo mismo que los huevos de las aves, contienen un punto, en el cual se inician todos los fenómenos de la vida, colocado en el centro de una masa vegetal, que es la que ha de proporcionar el alimento á la planta durante el primer período de su existencia.

Cuando empieza la germinacion, sale de este punto la *radícula*, destinada á formar la raiz, y la *plúmula*, que ha de producir el *tallo* ó eje ascendente del vegetal. Colocada la semilla en circunstancias favorables, se hincha poco á poco; los cotiledones se separan, y la raiz se desarrolla penetrando en la tierra; la plúmula presenta los rudimentos de las primeras hojas, se dirije hácia la luz y conduce consigo los cotiledones hasta la superficie de la tierra.

Formada ya la raiz, recibe de la tierra las materias nutritivas que necesita por medio de las raicillas ó *esponjillas*, mientras que las hojas llenan tambien en contacto del aire sus funciones, asimilándose diferentes principios gaseosos que entran en su constitucion.

Bajo la influencia de la endósmosis, de la capilaridad y de la succion ó fuerza de vegetacion, el agua se introduce en la planta, recorre todos sus tejidos, y contribuye, tanto por las sustancias procedentes del suelo, que lleva en disolucion, como por las que trasporta de un lado á otro de la planta, al entretenimiento de la vegetacion. El movimiento ascensional del líquido ó sávia se efectúa en el sistema leñoso de la planta: la sávia, despues de infiltrarse por las raicillas, se eleva por la raiz principal del tallo, llega á las hojas y á las partes verdes de la corteza, y habiendo adquirido nuevas propiedades en virtud de los cambios que ha experimentado en su composicion, desciende por el sistema cortical hasta la extremidad de las raices en donde empezó la absorcion.

Entre los principios minerales que el vegetal absorbe del suelo, podemos citar los fosfatos térreos de cal y de magnesia.

La presencia de estas y otras materias minerales ya hemos dicho antes que era esencial, puesto que la planta muere ó no llega á su completo desarrollo, cuando no puede asimilarse una cantidad suficiente de las mismas. Es cierto que las sustancias minerales no son tan indispensables para unas plantas como para otras: segun Berzelius, el *lepidium sativum* y otras varias pueden crecer en los fragmentos de hilo de platino y en la flor de azufre lavada. En este caso toman su alimento del aire, y despues de quemadas, se halla que sus cenizas contienen exactamente la misma cantidad de materias minerales que existia en la semilla, y sin las cuales probablemente no se hubiera desarrollado.

Para convencerse de que la presencia de los fosfatos en las plantas *no es accidental*, sino que es efecto de una de las leyes más sábias de la naturaleza, basta reflexionar que los huesos, y todos los jugos y tejidos de los animales, así carnívoros como herbívoros, contienen gran cantidad de fosfatos, especialmente de cal y de magnesia. Durante el crecimiento del animal no es posible que se forme y desarrolle su esqueleto, sino á beneficio de los fosfatos de cal y magnesia, que constituyen más de la mitad del peso de los huesos. Además, debemos admitir la necesidad de su intervencion en la economía, aunque no tengamos otra razon que la constante presencia de los mismos en todos los líquidos y partes organizadas. (*Liebig.*)

En un animal carnívoro desde luego se concibe que los mismos fosfatos que forman parte de la carne con que se alimenta, son los que se encuentran en su economía; pero en cuanto á los herbívoros, ¿sería lógico admitir que el esqueleto del caballo y del buey se forma con sales que accidentalmente se encuentran en los forrajes? Cuando vemos las leyes y el orden que rije en toda la naturaleza, ¿no nos será dable afirmar *à priori*, que para que se forme el esqueleto de los herbívoros, puso aquella en los vegetales que les sirven de alimento, cierta cantidad de fosfatos?

El suponer que el crecimiento del esqueleto de un herbívoro es obra que se hace al acaso á beneficio de algunos fosfatos y sales térreas que accidentalmente encuentra el animal en su alimento, sería una suposicion contraria á la sabiduría, orden y prevision que se observan en todas las reglas de la naturaleza.

Y si la existencia de los fosfatos térreos en los vegetales está sujeta á leyes fijas é invariables, ¿cuál es el origen de estas sales?

Hemos dicho antes, que hoy dia ni aun al más profano en la ciencia se le ocurre el sostener que estas sales toman origen en el vegetal. *Nada se cria de la nada;* y así como los animales se asimilan los fosfatos en las plantas, estas absorben los que contiene la tierra.

Cuando se considera la cantidad de fosfatos contenidos en los huesos de los animales y en las plantas, particularmente en las semillas de los cereales, no puede ménos de admirar que la tierra pueda suministrar anualmente estas sales en tan gran cantidad. Y si bien es cierto que los fosfatos no se fijan en totalidad en los huesos de los animales, siendo el esceso de aquellos devuelto á la tierra en forma de excrementos, tambien es cierto que no todos los labradores abonan sus tierras, y que la mayor parte de ellos, fiados en la feracidad de sus campos, no tratan de restituir al terreno los elementos minerales que ha estraido la vegetacion.

Pueden citarse muchos paises en que las cosechas sucesivas de cereales han agotado de tal manera la cantidad de fosfatos que contenia la tierra, que en el dia no se puede cojer en ellos ni un grano de trigo: así como se ha visto con frecuencia, que tierras de todo punto estériles han producido abundantes cosechas de cereales cuando se han abonado

con materias fosfatadas. A mediados del siglo pasado, unos pobres calvinistas que habian pasado á Cleves (Prusia Rhenana) para embarcarse para América, empezaron á cultivar unos matorrales que se les cedieron. El abono excrementicio que se procuraban á 6 y 8 leguas de distancia, y la actividad de los habitantes produjo tan buenos efectos sobre aquellas tierras, que la pequeña colonia de calvinistas á principios de este siglo constituia ya un pais fertil y floreciente, el Louisendorf. Liebig dice haber visto en Inglaterra que los campos exhaustos de sales fosfatadas duplicaban como por encanto sus cosechas cuando se esparcian sobre ellos los despojos de los huesos importados del continente. Pero esta importacion, si continuara mucho tiempo en las mismas proporciones, deberia agotar poco á poco el pais de donde se esportan. Es preciso no desperdiciar ni desechar ninguna sustancia fosfatada, ningun resíduo de los que se produzcan en un pais, para devolver á la tierra la cantidad de fosfatos térreos que le quitaron los vegetales.

Los fosfatos térreos se encuentran sumamente diseminados en el reino mineral: y no es solo en las tierras movedizas formadas por los detritus de varias rocas donde existen aquellas sales; en el granito, en el gneis y en otras muchas rocas más compactas que estas se encuentran en proporciones no definidas los fosfatos térreos; siendo por consiguiente la cantidad de aquellos en la superficie del globo mucho más abundante de lo que en un principio se creia. (Fownes.) En comprobacion de la existencia de los fosfatos en muchas especies minerales, sin que formen un elemento integrante de las mismas, citaremos los helechos que crecen sobre las rocas, y que las cubren de una ligera capa orgánica; las cenizas de estos vegetales contienen una cantidad bastante notable de fosfatos térreos, los cuales solo pueden provenir de las rocas sobre que crecieron dichos helechos.

Constitucion y naturaleza del suelo.

Lo que vulgarmente se llama *tierra* ó *suelo* es una mezcla de varias rocas reducidas á polvo más ó ménos fino, y de despojos de vegetales y animales. Es evidente que, segun sea la naturaleza de las rocas de que proceden estos *detritus*, variará completamente la calidad de terrenos: así, en los sitios en que dominen las rocas cristalinas, la tierra podrá estar constituida por el detritus del granito y del gneis, conteniendo resíduos de rocas de origen más reciente, si estas existen en el terreno. Las arcillas, ó sean silicatos de alúmina, que comunmente forman parte de las tierras de labor, proceden de la descomposicion de rocas feldespáticas, cuyo álcali ha sido disuelto en gran parte por el agua junto con una porcion de sílice (Berzelius). Cuando se deslie en agua una tierra de esta naturaleza, la arcilla y los resíduos orgánicos se mantienen durante algun tiempo en suspension, pudiéndose separar de las partes más pesadas, las cuales, sometidas á un examen microscópico, dejan ver fragmentos de cuarzo, de feldespato, de esquisto arcilloso, de carbonato de cal, láminas de mica, resíduos de conchas, etc., etc.; variando la cantidad y naturaleza de este resíduo, segun la calidad de la roca que se hallaba mezclada con la arcilla. Raras veces aparece dicho resíduo formado exclusivamente de granos de cuarzo; pero aun suponiendo que fuera así, en la misma arena silícea puede reconocerse la presencia de sales térreas y alcalinas, susceptibles de ser asimiladas por las plantas que vegetan en dicha arena. (Wiegmann y Polstoff.)

Un suelo compuesto esclusivamente de sílice y caliza pura sería de todo punto estéril.

Entre los minerales cuya desagregacion puede dar lugar á la formacion de las arcillas, además de los feldespatos de base de potasa, sosa ó cal (*piedra de labrador*), figuran las micas y las zeolitas, minerales que son partes constituyentes del granito, del gneis, del micasquisto, del

porfido, del esquisto arcilloso, de la grauwacka, del basalto, del *klingstein* ó piedra sonora y de la lava.

Las materias térreas ó detritus de las rocas, forman diferentes capas ó clases distintas de terrenos sedimentarios perfectamente caracterizados. Todos ellos, hasta los de formacion más antigua, contienen restos de moluscos y de zoófitos; lo que equivale á decir que en todos ellos encontraremos fosfatos térreos.

Además de estos fosfatos de orígen orgánico, existen en el suelo otros de orígen puramente mineral, procedentes, segun Bischof, de la descomposicion de ciertas rocas primitivas, tales como el granito, el basalto, el micasquisto, el trapp, la fonolita, la piedra pomez, la obsidiana, la hornblenda, la augita y otras, en las cuales existe el apatito ó fosfato de cal; así como tambien puede atribuirse la presencia del fosfato de magnesia al apatito talcoso y á la magnesita, minerales ménos abundantes que el apatito.

Cuando se analizan las tierras con escrupulosidad, aun cuando procedan de llanuras arenosas que parecen completamente estériles, se encuentran en todas ellas cuando ménos vestigios de fosfatos. Tambien se encuentran en todas las aguas minerales cuando se procede á un escrupuloso análisis.

Mas adelante trataremos del modo cómo pueden los fosfatos térreos entrar á constituir parte de las sales contenidas en los jugos vejetales.

De todo lo expuesto hasta aquí, podemos deducir:

1.° *Que los fosfatos térreos están sumamente diseminados en el reino mineral bajo diferentes formas, y que en ciertas circunstancias son asimilados por los vegetales.*

2.° *Que los fosfatos térreos asimilables, si están en pequeña cantidad en un terreno, podrán ser agotados por las cosechas sucesivas de cereales, si no se reponen con abonos que los contengan en cierta cantidad y en determinadas condiciones.*

De qué manera las sales térreas son asimiladas por los vegetales.

Los órganos vegetales por los cuales tiene lugar la absorcion, pueden compararse á unos filtros perfectos que no dejan pasar más que líquidos del todo limpios. Por razon de la delicadeza y exquisita susceptibilidad que poseen dichos órganos, absorben proporciones variables de sales disueltas, segun el grado de viscosidad que presenta la disolucion de cada sal en particular. (Saussure.)

Todos los ensayos practicados con el objeto de hacer absorber por una planta un cuerpo sólido, cualquiera que sea su estado de division, han sido infructuosos; y si en las plantas encontramos ciertas sales insolubles, es porque estas toman orígen en el mismo tegido vegetal, á beneficio de una accion recíproca entre dos sales solubles. (Boussingault.)

Bajo este supuesto, veamos de qué manera se hacen solubles los fosfatos térreos contenidos en el suelo, y qué papel representan en la economía vegetal.

De ninguna manera satisface las exigencias de la ciencia moderna el decir con Payen que los fosfatos de cal y magnesia, que se encuentran muy esparcidos en la naturaleza, pasan por medio de los actos de la nutricion, primero del suelo ó de los abonos á las plantas, y de estas á los herbívoros y luego á los carnívoros. Convenimos en que en la vegetacion hay fenómenos cuya explicacion no podremos dar; pero esto no impide el que tratemos dentro del círculo de la ciencia, y hasta donde esta alcanza, de darnos cuenta y razon de todos los fenómenos; y puesto que, como dice Berzelius, una teoría no debe tomarse como una verdad infalible, y sí como un medio de explicar un fenómeno, y que la teoría que hoy nos parece satisfactoria, podrá ser completamente desechada cuando la ciencia dé un paso más, nada impide el que se formulen diferentes teorías para explicar el paso de los fosfatos térreos del suelo á los órganos vegetales.

Veamos en primer lugar cuáles son en general los disolventes

químicos de los fosfatos, é investiguemos despues si durante la vegetacion se encuentra alguno de estos disolventes en presencia de los fosfatos térreos y alcalinos que contiene el suelo.

Fosfatos alcalinos. Los fosfatos de potasa, sosa y amoniaco son solubles en el agua. Asi, pues, existiendo dicho líquido en el terreno, estarán aquellas sales en las condiciones convenientes para ser absorbidas. La cantidad de fosfatos alcalinos que existen en un suelo es muy variable, pues que prescindiendo de los que podrán tener las aguas en disolucion, una gran parte de ellos procede de la descomposicion de los vegetales que han sido enterrados, quemados ó descompuestos en el mismo suelo.

Las cenizas del tallo del trigo (*triticum sativum*) contienen, segun Boussingault, 5 por 100 de fosfato de potasa: así, pues, en las localidades en donde se quema el rastrojo, se produce desde luego una cantidad de fosfatos alcalinos solubles y fácilmente asimilables por los vegetales, obteniéndose un efecto análogo en los sitios en donde se acumulan yerbajos, cañas y otros vegetales para quemarlos en montones sobre las tierras.

Es indudable que la descomposicion pútrida de los vegetales que se entierran con el arado ó que se sacan espontáneamente en el mismo suelo, da tambien por resultado una porcion mayor ó menor de fosfatos alcalinos, especialmente fosfato de potasa; los cuales se encuentran igualmente en los abonos excrementicios líquidos y solidos, en los líquidos que han estado en contacto con el estiercol de cuadra, y en general donde quiera que haya materias orgánicas en descomposicion.

Fosfatos de cal. El fosfato tribásico ó sea fosfato de cal ordinario (3 Ca O, Ph 0^5) es insoluble en el agua, pero se disuelve en casi todos los ácidos aunque estén diluidos.

El agua cargada de ácido carbónico disuelve grandes cantidades de este fosfato. Una lámina de marfil puesta en infusion en el agua de Seltz, á las 24 horas se reblandece, lo mismo que si hubiera estado en el ácido clorhídrico diluido: es decir, que el fosfato de cal del marfil se disuelve á beneficio del ácido carbónico del agua de Seltz, dejando úni-

camente la parte orgánica, que con el agua hirviendo se disuelve convirtiéndose en gelatina.

El ácido acético disuelve tambien el fosfato de cal; y segun Deherain, este ácido, junto con el carbónico, disuelve dicha sal con mas facilidad que cada uno de ellos por separado.

Las disoluciones de cloruro de sodio, cloruro amónico, el yoduro y bromuro de potasio, y tal vez otras sales alcalinas, lo disuelven tambien. Segun Lassaigne, 1 litro de agua, conteniendo 85 gramos de cloruro de sodio, disuelve 0 gramos 855 de fosfato de cal.

Ciertos ácidos enérgicos, como el sulfúrico, lo trasforman en fosfato ácido ($CaO, 2HO, PhO^5$), sal que se disuelve fácilmente en el agua: el ácido empleado queda neutralizado por 2 equivalentes de cal de la base del fosfato, siendo estos reemplazados por 2 de agua:

$$3CaO, PhO^5 + 2(SO^3, HO) = (CaO, 2HO)\,PhO^5 + 2(CaO, SO^3).$$

Finalmente, ya dijimos en la página 9 que los fosfatos de cal insolubles se disuelven en los líquidos que contienen diversos cuerpos orgánicos no ácidos, formando con algunas materias orgánicas combinaciones que representan un papel importante en las operaciones químicas orgánicas de los animales y vegetales.

Los fosfatos de cal que se encuentran en el reino mineral, y cuyos detritus forman parte del suelo, fueron estudiados por G. Rose; de cuyos experimentos, hechos sobre diferentes ejemplares procedentes del Arendal, Cabo de Gata, San Gotardo, Tirol y Sajonia, dedúcese que en todos ellos, además del fosfato de cal tribásico, existe una porcion de fluoruro ó cloruro de calcio: la proporcion constante de los elementos de este mineral conduce á la fórmula $3(3\,CaO, Ph\,O^5)\,Ca\,(Cl, Fl)$ únicamente se encuentra alguna variacion entre las cantidades relativas de cloro y fluor; pero siendo estos dos cuerpos isomorfos, puede admitirse que se sustituya uno á otro en parte ó totalmente. En algunas variedades, aunque raras, la magnesia sustituye á la cal.

Las variedades de cal fosfatada de que hace mencion Duffrenoy, son las siguientes:

Cal fosfatada cristalina. Forma prismas de seis caras de color va-

riable, debido á sustancias que accidentalmente contienen. La variedad á la cual Werner daba el nombre de (*Spargelstein*) esparragolita ó esparraguina, y la que el mismo indicó con el nombre de apatito, existente en Jumilla (reino de Murcia), han sido comprendidas despues por Haüy bajo la denominacion general de *apatito*.

El apatito pertenece á los terrenos más antiguos y á los volcánicos: se encuentra diseminado en las rocas de estos últimos; en pequeños filones en el granito; acompañando tambien á algunos minerales metálicos, al esquisto talcoso, al esquisto cloritoso, á la albita, al anfibol, al granate, á la piroxena, al epidoto y á otras rocas.

Cal fosfatada granuliforme. Variedad que existe en Gellivara, Suecia y Groenlandia, en masas verdosas y rojizas de fractura granular, y muchas veces de poca cohesion.

Cal fosfatada compacta. El tipo de esta variedad es la *fosforita* de Logrosan en Estremadura. Presenta más dureza que la variedad cristalina, y algunos fragmentos dan chispas con el eslabon, á causa de una cantidad de cuarzo que contienen; motivo por el cual Haüy le dió el nombre de *cal fosfatada cuarcífera*. Tambien se da el nombre de fosforita á algunos ejemplares procedentes de Jumilla, á causa de dar una ligera fosforescencia cuando se proyecta su polvo sobre las ascuas; propiedad que tiene toda la de Logrosan. Más adelante nos ocuparemos de esta última, extendiéndonos acerca de las aplicaciones que puede tener á la agricultura.

Una variedad análoga existe en el Papiol, en Cataluña.

Cal fosfatada concrecionada. En masas arriñonadas y fractura fibrosa y fina, color gris amarillento. Se encuentra en Estremadura, en Bohemia y en Amberg.

A esta misma variedad pertenece la que se conoce en los Estados-Unidos con el nombre de *eüpychroita*, y la *francolita* del Devonshire.

Cal fosfatada térrea. La fosforita de Estremadura se presenta en algunos puntos en masas de facil desagregacion, las cuales pueden considerarse como una variedad térrea. La *piedra* de *Marmarosch*, de Klaproth, la *pseudo-apatita* de Breithaupt, y la *osteolita* de Bromeis, blanca y pulverulenta como la creta, pertenecen á esta variedad.

Tambien deben incluirse en la misma los *coprolitos*. Se da este nombre á unas masas arriñonadas, de un color gris ceniciento, á veces bastante oscuro, poco coherentes, y presentando cierta disposicion en espiral, las cuales en ciertos terrenos acompañan á los restos de algunos animales fósiles. Muchos naturalistas creen que los coprolitos son los excrementos de dichos animales. Se ha encontrado esta materia en varios puntos: en la parte inferior de los terrenos cretáceos, como en el gres verde de la costa del Havre; en las arcillas del lias cerca del Fins, departamento del Allier; en el lias de Lime-Regis, sobre la costa de Dorset en Inglaterra, en donde hay una cantidad inmensa de esta materia; encontrándose tambien en la caliza carbonífera devoniana, en el cragg del Condado de Suffolk, que segun Beudant pertenece á la misma clase que los terrenos sub-apeninos, y en otros terrenos.

Hé aquí la composicion de dos ejemplares distintos de coprolitos analizados por Berthier:

Fosfato de cal tribásico	86,5
Carbonato de cal	11,76
Arcilla	0,6
Hulla, agua y pérdidas	1,4

(*Procedente de Fins, en el Allier.*)

Fosfato de cal tribásico	57,50
Carbonato de cal	7,60
Carbonato de magnesia	2,60
Arcilla con silicato de hierro	25,50
Agua	7,50

(*Procedente del Cabo de la Heve, cerca del Havre.*)

La ausencia del cloro y del fluor en los coprolitos hace que se coloque á esta sustancia en la categoría de las materias fosfáticas orgánicas, teniendo por consiguiente más analogía con el fosfato de los huesos que con los fosfatos minerales. Algunos geólogos atribuyen á los coprolitos un orígen puramente mineral: suponen que el fosfato de cal

de los *nódulos* se ha agrupado en formas arriñonadas, en virtud de fuerzas puramente físicas, y que, arrancado de los filones de apatito, ha tomado la forma sólida cuando han variado las condiciones de solubilidad de las aguas. Sin embargo, tanto si se tiene en cuenta su composicion química, como su estado físico, y los efectos que producen sobre la vegetacion, deben considerarse los coprolitos como de orígen orgánico.

Berthier describe además un fosfato de cal grafitoideo, diseminado en nódulos en las arcillas esquistosas que forman parte de los terrenos inferiores de Normandía, encontrándose una variedad análoga diseminada en las rocas volcánicas en el Cabo de Gata.

Mas adelante citaremos otras materias fosfáticas que pueden ser de utilidad á la agricultura, pero que separándose ya de la clase de los fosfatos puramente minerales, debemos por ahora prescindir de ellas.

Dijimos antes cuáles eran en general los disolventes de los sub-fosfatos de cal. Ahora debemos solamente advertir que no todos se disuelven con la misma facilidad. Las variedades compactas, entre ellas la fosforita de Logrosan, siendo de difícil desagregacion, requieren que antes de ponerlas en contacto con el disolvente estén reducidas á polvo impalpable, á fin de que la disolucion sea sensible. Cuando la division mecánica se lleva hasta cierto punto, todos los fosfatos sin escepcion se disuelven en mayor ó menor cantidad en los ácidos diluidos y en el agua saturada de ácido carbónico. La fosforita de Logrosan, triturada y pasada por un tamiz de tela metálica número 80, si se pone en digestion con agua saturada de ácido carbónico, y despues de remover se deja bien tapado el frasco, á las 48 horas el líquido tiene una cantidad de fosfato en disolucion, suficiente para ser descubierta por los reactivos que sirven para este caso, y susceptible de enturbiarse cuando por medio de la ebullicion del líquido se expele el ácido carbónico, que fué el disolvente.

Otros fosfatos. Existen en el reino mineral otras varias especies de fosfatos, cuyos detritus pueden formar parte del suelo, si bien siempre en pequeñas proporciones.

Citaremos en primer lugar la wagnerita ó pleuroclasa, aunque especie rara, cuya composicion es $3\,MgO, PhO^5, MgFl$; pudiendo en ella

encontrarse el cloro reemplazando en parte ó totalmente al fluor; la wawelita, fosfato bi-alumínico con fluoruro de alumínio; la ambligonita, fosfato lítico-alumínico; la lazulita, fosfato magnésico-alúmina con fosfato ferroso-cálcico (Berzelius); la klaprothina, que es un fosfato de alúmina y magnesia, y otros fosfatos metálicos, que solo pueden considerarse que existen en algunas tierras accidentalmente.

Los disolventes de estos fosfatos son en general los mismos que sirven para disolver los sub-fosfatos de cal.

Veamos ahora si en el terreno se encuentran los disolventes que pueden suministrar á las plantas todas estas materias minerales en disolucion.

En cuanto al agua, que es el disolvente de los fosfatos alcalinos, ya sabemos que donde falta este líquido no hay vida: sin la presencia del agua no se concibe la vegetacion.

Además, si de la descomposicion de una materia orgánica azoada resulta fosfato amónico, es de suponer que esta sal al estado naciente, en contacto con los compuestos magnesianos que se encuentran en las cenizas de la mayor parte de los vegetales, forme un fosfato magnésico-amónico que es bastante soluble en el agua (1). Por este medio podemos explicar la existencia del fosfato de magnesia que se encuentra en la semilla de los cereales, combinado, segun Liebig, con el amoniaco; sal que acompaña á la harina, si bien la mayor parte queda en el salvado, y que se encuentra tambien en el mosto de la cerveza. A la descomposicion de esta sal se debe la presencia del fosfato de magnesia en las cenizas de los cereales; fosfato sin el cual no pueden llegar á su perfecta madurez (Liebig). Podemos tambien formarnos una idea de la gran cantidad de fosfato de magnesia que existe en las gramíneas, con solo considerar que las concreciones que se forman en el *ciego* de los caballos

---

(1) Boussingault observó, que dejando una disolucion de cloruro de magnesio en contacto con la orina, al cabo de algunos dias se obtiene un precipitado de fosfato magnésico-amónico. El mismo químico propuso desinfectar los líquidos excrementicios por este método, aprovechando el ácido fosfórico y el amoniaco de los mismos en forma de sal doble, como abono para la agricultura.

alimentados con heno y cebada, están compuestas casi exclusivamente de fosfatos de magnesia y amoniaco.

Segun Saussurre, la insolubilidad de los fosfatos de cal y de magnesia y de otros compuestos insolubles, puede ser atenuada por su conversion en sales dobles.

Finalmente, las sales que en los laboratorios consideramos como insolubles en el agua, no lo son en el sentido absoluto de la palabra. Desde que una semilla empieza á germinar hasta que concluye la vida del vegetal, constantemente circula por sus vasos una cantidad de agua; y por pequeña que sea la porcion de materias térreas que aquella disuelva, ¿no podrán irse acumulando estas lentamente en los tejidos vegetales, y proporcionarles la cantidad de alimento mineral que necesitan? El carbonato de magnesia, ó magnesia blanca, que en los laboratorios le consideramos como insoluble, porque necesita 2.500 veces su peso de agua para disolverse, sin más disolvente que esta, puede introducirse en cantidad bastante en los vasos de una gramínea, y dar orígen á otros compuestos magnesianos; pues como dice Boussingault, ciertas sales insolubles pueden tomar orígen en el tejido de la misma planta por una accion recíproca ó doble descomposicion entre dos sales disueltas. Si además recordamos que el carbonato de magnesia, lo mismo que el de cal, se disuelve facilmente en el agua que contiene ácido carbónico, veremos que hay en el terreno elementos naturales para disolver los carbonatos de magnesia que se encuentran en las calizas, en las dolomias y en otros minerales.

El piro-fosfato de magnesia $2MgO, PhO^5$, que es el que se encuentra en los huesos calcinados, y que procede tal vez de un fosfato tribásico $(2MgO, HO)\ PhO^5$, existe en todas las partes sólidas y líquidas de los animales y en los vegetales; este fosfato se disuelve, segun Graham, en 322 partes de agua fria, siendo mucho más soluble cuando el agua contiene algun ácido en libertad.

Cuando mezclamos una disolucion de fosfato de sosa ó de potasa con otra de sulfato de magnesia, pasadas algunas horas se depositan unas agujas muy finas exagonales de fosfato de magnesia $2MgO, PhO^5$ (Berzelius) soluble en 322 veces su peso de agua.

El ácido carbónico, al cual se atribuyen tan preciosos efectos como disolvente, se encuentra en abundancia en el mismo terreno.

Do quiera se observa, dice Berzelius, que el agua asciende de las capas inferiores de la tierra, y este agua contiene pequeñas cantidades de sal comun, de sulfatos y de ácido carbónico, que disuelve la cal y la magnesia.

Si apurando más la materia queremos averiguar el orígen de este ácido carbónico, lo encontraremos en las descomposiciones orgánicas que constantemente tienen lugar en el seno de la tierra; tal vez en reacciones producidas por agentes puramente minerales, como la de algunos sulfatos que se forman espontáneamente por la oxidacion de las piritas, los cuales dotados de una reaccion ácida obran sobre los carbonatos, dejando libre el ácido carbónico. Estas y otras mil causas constantes de produccion de ácido carbónico, hacen que este gas, en virtud de su densidad mayor que la del aire, se acumule en las cavidades del terreno, y entre las capas de arena y tierras movedizas. El agua procedente de las lluvias ó de corrientes subterráneas, lo disuelve, trasportándolo á la superficie de la tierra, en donde *contribuye*, como hemos dicho, á la disolucion de los fosfatos térreos, facilitando su asimilacion por las plantas.

Hemos dicho *contribuye*, porque no queremos atribuir esclusivamente la asimilacion de los fosfatos á la simple disolucion de estos por medio de dicho gas.

Cuando se considera la multitud de líquenes que crecen en las paredes verticales de las rocas, sin hallarse rodeados de ninguna capa de tierra que pueda retener el agua que contiene ácido carbónico, y se observa por otra parte que en las cenizas de estas masas de líquenes hay potasa, cal, silice, fosfatos, etc., preciso es reconocer que la naturaleza vegetal, al apropiarse estos cuerpos, dispone de recursos que nos son desconocidos, y que probablemente residen en las raices de las plantas. (Berzelius.)

Deber nuestro es decir algunas palabras acerca de los trabajos de P. Thenard acerca de la vegetacion. Este químico, en vista del resultado de varios experimentos, establece que ciertas materias del suelo,

tales como la alúmina, el óxido de hierro y el carbonato de cal, fijan una materia azoada de composicion cuaternaria, que existe en el estiercol fermentado, para formar una especie de sales que él llama *lacas*, las cuales, descomponiéndose lentamente, ceden á la planta una parte importante de los elementos útiles para la vegetacion.

Thenard dice haber aislado dicha materia, de un color negro, á la cual da el nombre de *ácido fúmico*, siendo su composicion C^{30} H^{15} NO^{14}. Para esto obtiene primero el *fumato de amoniaco*, legivando con agua el estiercol fermentado. Segun dicho químico, el fosfato de alúmina, insoluble en los álcalis, se disuelve completamente en el fumato de amoníaco, de cuyo hecho saca alguna deduccion para explicar el paso del ácido fosfórico á los vegetales; y pretendiendo formar una teoría general y completamente nueva, atribuye á los sesquióxidos de hierro y de aluminio una gran importancia, tanto en la formacion de las lacas ó *fumatos*, como en el paso de los fosfatos á los vegetales; citando un experimento que es la piedra fundamental de su nueva teoría. «Todos sabe»mos, dice, que el fosfato de cal es soluble en el agua cargada de ácido »carbónico, en la cual son insolubles los fosfatos de hierro y de alúmi»na. Pues bien, pongamos en un frasco 50 gramos de una de las tierras »que yo he examinado, que proceden todas de la descomposicion de »rocas jurásicas; llénese esta botella de agua carbónica saturada de fos»fato de cal; ciérrese y agítese bien: al cabo de 3 ó 4 dias si se filtra »dicha agua, se encuentra en ella carbonato de cal, pero no se encuen»tra el menor vestigio de fosfato.»

Si en lugar de los 50 gramos de tierra se pone alúmina ó sexquióxido de hierro preparado en el laboratorio, el resultado será idéntico.

Segun Thenard, bastan la accion del agua de lluvia y algunas semanas de contacto, para que el fosfato de cal quede completamente descompuesto en presencia de otras sales, y ceda todo su ácido fosfórico al hierro y á la alúmina. Asi pues, en el terreno todo ó la mayor parte del fosfato de cal, en presencia de un gran exceso de sexquióxido de hierro y de alúmina, y bajo la influencia del agua y de los agentes atmosféricos, es descompuesto, pasando su ácido fosfórico á dichos sexquióxidos. Como la combinacion que forma el ácido fosfórico con dichos

sexquióxidos no es soluble en el agua, y como el mismo autor á que nos referimos, dice que entre los elementos naturales sobre los cuales los químicos agrícolas han fijado la atencion, no hay ni uno siquiera que disuelva los fosfatos de sexquióxidos, preciso era para completar su teoría buscar un disolvente nuevo.

Este fué el fumato amónico.

Por consideraciones que no desarrolla, Thenard supone que los silicatos de cal no son tan insolubles como se cree, y que la accion de los silicatos solubles que existen en el terreno sobre los fosfatos de hierro y de alúmina, da por resultado la descomposicion de estos últimos y la formacion de fosfatos de base de óxido térreo, que son asimilados por la planta antes que el sexquióxido de hierro vuelva á descomponer el fosfato de protóxido. El vegetal parece como que aprovecha este momento para asimilarse los fosfatos que necesita.

Esta teoría ingeniosa no se encuentra corroborada por ningun otro químico; y tal vez la accion del fumato amónico sobre los fosfatos pueda comprenderse en una de las causas de disolucion anunciadas por Berzelius, cual es, la *influencia de ciertas materias orgánicas no ácidas*. (Véase página 207.)

No se puede negar, sin embargo, la afinidad de solucion entre el agua saturada de ácido carbónico y los fosfatos de cal; siendo tambien cierto que así como al precipitar el óxido férrico de una disolucion que contenga ácido fosfórico este es arrastrado por aquel, así tambien el contacto prolongado del sexquióxido de hierro con el líquido que tiene el fosfato de cal en disolucion, puede dar lugar á la formacion de una parte de fosfato férrico, sobre todo en presencia de un exceso de ácido carbónico, pronto á trasformar la cal en carbonato. Resulta, pues, que la teoría de Thenard está basada sobre hechos reales, aun cuando no la tomamos en absoluto para atribuir á una causa única la asimilacion de los fosfatos.

Se atribuye al óxido férrico del suelo una influencia benéfica sobre la vegetacion. Así, Malagutti considera que dicho óxido es de mucha importancia, no solo por la pequeña parte que se asimilan las plantas, sino tambien por la propiedad que tiene de absorber y condensar el

amoniaco en sus poros, favoreciendo la descomposicion de los detritus orgánicos (1), y produciendo amoniaco en el momento en que, puestas en contacto con la atmósfera las capas inferiores del suelo por medio de las labores, experimentan una sobreoxidacion. A todas estas propiedades del óxido férrico puede añadirse la de apoderarse del ácido fosfórico del fosfato de cal para hacerlo despues soluble, segun la teoría de Thenard.

Aquí debemos repetir, respecto de este fosfato, lo que dijimos antes respecto de la insolubilidad absoluta de las sales. (Véase pág. 224). Segun Pierre, el fosfato de hierro (2 Fe O, H O) Ph O^5, se disuelve en poco más de 1.000 veces su peso de agua saturada de ácido carbónico, y en la mitad si dicho líquido contiene 0,002 de ácido acético. El fosfato Fe^2 O^3, Ph O^5, 4 H O, se disuelve en 12.500 veces su peso de agua cargada de ácido carbónico. El subfosfato Fe^2 O^3, Ph, O^5, se disuelve tambien, segun Berzelius, en amoniaco que contenga fosfato amónico, formando con el ácido fosfórico de este un fosfato neutro soluble en el amoniaco.

Resumiendo, de todo lo que antecede se deduce:

1.° *Que la presencia de los fosfatos en las plantas no debemos considerarla como accidental, sino del todo indispensable para el completo desarrollo de los vegetales.*

2.° *Que los fosfatos térreos existen en abundancia en el suelo, de donde los toman los vegetales.*

3.° *Que las sales térreas se introducen en el vegetal al estado de disolucion, y que sus disolventes existen en el mismo suelo cuando este está en buenas condiciones de cultivo.*

---

(1) El sexquióxido de hierro, en contacto con una materia orgánica y con el aire, cede constantemente oxígeno á la primera, adquiriéndolo inmediatamente de la atmósfera, siendo, por lo tanto, una causa perenne de oxidacion.

Del verdadero papel que representan los fosfatos en la economía vegetal.

—

La influencia del ácido fosfórico en la vegetacion no puede compararse con la que tiene en la economía animal. Repartido en la sangre y en todas las partes del cuerpo del animal en la primera época de su vida, podria creerse que su principal objeto era formar el esqueleto. Pero, una vez ha llegado este á su completo desarrollo, todos sus líquidos y demás partes del cuerpo contienen grandes cantidades de ácido fosfórico, especialmente al estado de fosfato alcalino, reemplazando y sustituyendo muchas veces á los carbonatos alcalinos; sales que, teniendo una parte de álcali libre, comunican á la sangre un gran número de propiedades notables, manteniéndola en un estado de fluidez conveniente. (Liebig.)

No es posible, en el estado actual de la ciencia, emitir una opinion positiva acerca de la manera cómo el ácido fosfórico interviene en las funciones orgánicas. Unicamente podemos decir que la sangre es en el animal el suelo de donde todos los órganos toman origen de un modo uniforme y con una composicion constante; y que, por lo mismo, la sangre es preciso que, reuniendo todas las condiciones necesarias, contenga partes combustibles, que sean los agentes que trasportan los gérmenes de actividad vital y producen calor, y partes incombustibles que sean los mediadores de estas funciones: entre las últimas se cuenta el ácido fosfórico, al cual debe atribuírsele por lo tanto una gran influencia en las funciones plásticas.

En la vegetacion no pueden atribuirse al ácido fosfórico y á los fosfatos estas funciones plásticas. Un grano de trigo sembrado en un suelo libre de fosfatos, si bien no producirá grano, produce sin embargo un tallo, cuyo esqueleto mineral ó cuyas cenizas contendrán una gran cantidad de sílice.

¿Qué influencia tienen los fosfatos térreos en la vegetacion, y en particular en el desarrollo de los cereales?

Fuerza es confesar que los resultados obtenidos por Liebig acerca de este punto, dejan mucho que desear.

En una memoria que Jorge Ville presentó en 1857 á la Academia de Ciencias de París, trató de precisar la influencia de las sustancias minerales en la economía vegetal. Sus observaciones, hechas ya con el concurso de materias azoadas, ya sin el auxilio de estas, condujeron al químico francés á las dos conclusiones siguientes:

1.° *En ausencia de todo principio azoado en el suelo, los compuestos minerales tienen muy poca influencia sobre las plantas; siendo además aquella casi independiente de la naturaleza de dichos compuestos.*

2.° *En presencia de materias azoadas, las mismas sustancias minerales tienen una influencia muy notable sobre las plantas; siendo además su accion determinada por la naturaleza de dichas sustancias minerales: los fosfatos obran más enérgicamente que los álcalis; los álcalis más que las tierras.*

La poca influencia que tienen los compuestos minerales sobre la vegetacion cuando no van acompañados de algun principio azoado, está demostrada por los resultados siguientes, obtenidos por Ville sembrando trigo con materias minerales, ya solas, ya mezcladas con materia azoada:

	Sin materia azoada.	Con materia azoada.
	Gramos.	Gramos.
Fosfatos térreos, silicatos alcalinos.....	8,13	21,08
Fosfatos térreos ó alcalinos.....	7,25	19,17
Tierras y álcalis.....	6,31	13,14
Tierras sin álcalis.....	5,71	11,16
Alcalis sin tierras.....	6,60	16,59

La materia azoada empleada como abono contenia 0 gramos 110 de ázoe; en cada experimento se sembraron 20 granos de trigo.

La materia azoada de que se valió, eran granos de altramuz, que

habia tenido durante varios meses en digestion en el agua saturada de ácido carbónico.

Los vasos de que se valió para los experimentos, eran de barro ordinario; pero habiendo reconocido en dicho barro cantidades notables de fosfatos, así como tambien en los granos de altramuz, á pesar de la prolongada digestion en el agua saturada de ácido carbónico, repitió los experimentos de una manera mas precisa.

Para esto se valió de una materia azoada completamente libre de fosfatos, como es el nitro: comparó el desarrollo de los vegetales, ya en vasos de barro comun, ya en vasos de bizcocho de porcelana, y reconoció que en los primeros, cuando la tierra no contiene fosfatos, las cosechas disminuyen por mitad; si bien la vegetacion sigue su curso ordinario, y el trigo llega á producir grano á expensas de los fosfatos que forman parte del barro del vaso. En los de bizcocho, si la tierra contiene una materia azoada (el nitro), la planta perece en el momento en que llegan á faltarle los fosfatos; presentando durante su corta vida un aspecto sumamente triste, que contrasta con el que presentan las plantas cultivadas en un suelo que contiene fosfatos. Cuando la tierra no contiene nitro, las plantas cultivadas en los vasos de porcelana presentan exactamente el mismo fenómeno, es decir, que se ahilan y mueren cuando les faltan los fosfatos.

Hé aquí los resultados obtenidos empleando como materia azoada 0 gramos 792 de nitro.

	Vasos de barro ordinario.	Vasos de bizcocho.
	Gramos.	Gramos.
Fosfatos térreos, silicatos alcalinos.....	24,10	20,86
Fosfatos térreos ó alcalinos.....	20,00	18,80
Tierras y álcalis.....	10,06	0,60
Tierras sin álcalis.....	10,48	1,84
Alcalis sin tierras.	15,61	0,78

Repitiendo los mismos experimentos en vasos de bizcocho, y sin el concurso del nitro ni otra materia azoada, obtuvo los resultados siguientes:

	Gramos.
Fosfatos térreos, silicatos alcalinos.....	6,85
Fosfatos térreos ó alcalinos.....	5,06
Tierras y álcalis.....	0,77
Tierras sin álcalis.....	1,00
Alcalis sin tierras.....	0,80

En estos experimentos Ville manifiesta hasta la evidencia la importancia de los fosfatos en la agricultura; pero no pudiendo todavía sacar una consecuencia definitiva acerca del modo como obran sobre los vegetales, emprendió todavía otros experimentos.

En un vaso de porcelana lleno de arena pura y constantemente humedecida, sembró trigo, el cual nació y siguió el curso regular y completo de su vegetacion; sin embargo, desde un principio apareció como lánguido, y á duras penas llegó á formar el rudimento de los granos. Ensayó añadir á este suelo artificial una materia azoada, el nitro; obteniendo en este caso un aumento de paja, pero no llegando tampoco el grano á su completo desarrollo. Añadió en las mismas condiciones cierta cantidad de bases térreas (cal y magnesia) y álcalis al estado de bicarbonatos, pero la planta pereció. Finalmente, vió que la planta prosperaba en vasos de barro comun que contiene fosfatos, cuyas sales fueron asimiladas por el vegetal: la adicion de tierras y álcalis carbonatados no ejerció en estos vasos la influencia maléfica que en los de porcelana.

De todos estos experimentos deduce Ville, que los *fosfatos contenidos en el suelo ejercen dos acciones: una de ellas inmediata y directa, y la otra indirecta, que determina la asimilacion de las tierras y de los álcalis.*

En cuanto á la accion inmediata y directa, todos los químicos la reconocen, lo mismo que Ville; pero respecto á la manera como interviene en las funciones orgánicas de los vegetales, debemos decir lo que Liebig.

refiriéndose á la accion que tienen las mismas sales en el organismo animal: *No es posible emitir una opinion positiva, y es preciso limitarnos á poner en evidencia la necesidad de su intervencion en la economía vegetal, si se quiere que ciertos órganos lleguen á su completo desarrollo.*

En cuanto á la otra accion indirecta que determina la asimilacion de las tierras y de los álcalis, creemos que la accion de los fosfatos, en contacto con los álcalis, se explica, á lo ménos en el caso á que se refiere Ville, simplemente por la ley de Dulong, que dice: *los carbonatos dobles descomponen por via húmeda, lo mismo que por via seca, todos las sales insolubles cuyo óxido puede formar una sal insoluble con ácido carbónico.* En efecto, cuando suministra á la planta cal y magnesia con álcalis al estado de bicarbonato, perece la planta por efecto de este alimento impropio seguramente para su subsistencia; pero cuando dichos compuestos están en presencia de los subfosfatos de cal, tiene lugar una doble reaccion, y su accion deletérea es neutralizada por dichos fosfatos, formándose carbonato de cal insoluble y fosfatos solubles asimilables. Esta reaccion se comprueba en la práctica de los laboratorios: en una disolucion saturada de bicarbonato de sosa póngase magnesia ó cal y fosfato tribásico de cal; agítese, y al cabo de pocas horas podrá reconocerse en el líquido filtrado la presencia del ácido fosfórico, de la potasa, de la magnesia, y hasta indicios de cal.

En los experimentos de Ville desde luego echamos de ver la necesidad de que el suelo, al mismo tiempo que contiene sustancias nitrogenadas, tenga tambien fosfatos térreos; y tanto es así, que á una tierra pobre en restos de materias orgánicas ó azoadas es poco ménos que inútil echarle fosfatos térreos, pues no son asimilados en cantidad notable; así como á una tierra exhausta de fosfatos sería inútil ponerle materias nitrogenadas, pues no podria producir con estas solas una cosecha de cereales.

Boussingault, en 1857, presentó tambien á la Academia de Ciencias de París una Memoria, en la cual resumia el resultado de sus observaciones sobre la vegetacion del *helianthus* y del cáñamo en suelos artificiales formados de cuarzo y arena pura, ya en presencia del nitro solo, ya asociando á esta materia el nitrato amónico y el ácido carbónico, y

añadiendo á estas materias el fosfato de cal. El resultado de estos experimentos fué análogo al que obtuvo Ville. Con los abonos nitrogenados solos, el desarrollo de la planta era incompleto: la cantidad de nitrógeno de la planta formada no era mucho mayor que la que contenia la semilla: las nuevas hojas no se presentaban sino despues de la desaparicion de las primeras. Cuando además de los abonos nitrogenados las plantas recibian fosfatos, la vegetacion era vigorosa.

Estos mismos resultados los consignó Boussingault en su obra titulada *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie.*

Hé aquí un resúmen de sus experimentos sobre el *helianthus argophyllus.*

	Peso de la cosecha desecada siendo 1 el del grano.	Materia vegetal elaborada.	Acido carbónico descompuesto por la planta en 24 horas.	Adquirido por la planta en 84 dias de vegetacion.	
				Carbono.	*Azoe.*
	Gramos.	Gramos.	CC.	Gramos.	Gramos.
Sin añadir sustancia alguna al suelo....	3,6	0,285	2,45	0,114	0,0025
Añadiendo al suelo fosfatos, ceniza y nitro.....	198,3	21,111	182,00	8,444	0,1666
Añadiendo fosfato, ceniza y bicarbonato de potasa.....	4,6	0,391	3,42	0,156	0,0027

Los girasoles, cuyo suelo contenia nitro, fosfato y cenizas, se desarrollaron en la arena como lo hubieran podido hacer en una tierra de buena calidad, asimilándose 8 gramos 44 de carbono. Los granos que contenian 0 gramos 019 de alúmina, produjeron plantas que contenian más de 1 gramo de dicha sustancia.

En un suelo desprovisto de toda materia azoada asimilable, tanto con el concurso del fosfato de cal y de las sales alcalinas, como sin el

auxilio de estas materias, los girasoles no pasaron de la altura de 14 centímetros. El ácido carbónico de la atmósfera, ó el que se encuentra disuelto en el agua, no les suministró más que 0 gramos 2 de carbono, y los principios azoados de la misma atmósfera no les cedieron más que 0 gramos 003 de ázoe.

Estos últimos resultados prueban que *para concurrir activamente á la produccion vegetal, el fosfato de cal básico y las sales alcalinas deben ir acompañadas de una sustancia que pueda suministrar azoe asimilable; de modo que el fosfato de cal y las sales alcalinas añadidas al suelo sin intervencion de un abono azoado, no contribuyen sensiblemente al desarrollo del organismo vegetal.*

Con experimentos no ménos delicados prueba Boussingault que las materias azoadas asimilables que contiene la atmósfera, intervienen en muy pequeña proporcion para poder determinar, en ausencia de un abono azoado, una abundante y rápida produccion vegetal. Parece, sin embargo, que habiéndose hecho uso del nitro como materia azoada en todos estos experimentos, hay que tener en cuenta la accion recíproca que puede existir en el suelo entre dicho nitrato y el fosfato de cal; accion que si á primera vista, al poner dichos dos cuerpos en contacto, no es muy sensible, puede sin embargo ser de alguna consideracion en presencia de la fuerza de vegetacion; cuya causa, si bien es desconocida, de todos modos es ménos maravillosa que la accion de presencia que ejercen ciertos cuerpos inorgánicos, determinando combinaciones y descomposiciones entre dos sustancias, cuyo contacto sin esta causa no daba lugar á reaccion alguna.

Finalmente, en los experimentos de Boussingault intervienen las cenizas y los carbonatos alcalinos, los cuales, en presencia del fosfato de cal, pueden, como en los experimentos de Ville, obedecer á la ley de Dulong. (Véase pág. 233).

Como dice el mismo Boussingault, probablemente hay más analogía de lo que se cree entre las sales de que hizo uso en sus experimentos, y el estiercol de cuadra, al cual llama *el abono por excelencia:* por una parte los bicarbonatos alcalinos se encuentran, tanto en el estiercol como en la orina de los herbívoros; por otra parte el estiercol cambia completa-

mente de composicion cuando se encuentra en una tierra convenientemente preparada: la fermentacion continúa en la partes blandas, y la combustion lenta que sufre el *humus* ó *el mantillo*, último término de la descomposicion de los vegetales, así como la accion que el aire, el agua y el suelo ejercen sobre todas estas materias, hacen que en definitiva el estiercol ceda á las plantas porcion de sales alcalinas y térreas, fosfatos. nitratos y amoniaco. Estas dos últimas materias son las que proporcionan á la planta cierta cantidad de ázoe.

No se crea, sin embargo, que limitamos la accion de los abonos nitrogenados á las reacciones de los principios salinos que se forman por su descomposicion en el terreno sobre los fosfatos de cal. *Los abonos nitrogenados, en general, ejercen dos acciones, lo mismo que los fosfatos: una de ellas inmediata y directa, que acelera en un tiempo dado el desarrollo de las plantas que cultivamos, y que en forma de excrementos ó de estiercol aumenta la proporcion de los principios sanguinificables en las plantas que cultivamos (Liebig); y otra indirecta, obrando sobre los fosfatos térreos, y haciéndolos solubles á fin de que puedan ser absorbidos por la planta,* la cual entonces adquiere todo su desarrollo en ciertos órganos que no se desarrollarían sin el auxilio de los fosfatos, á pesar de poder asimilarse, tanto de la tierra como de la atmósfera, todo el ázoe necesario á su crecimiento.

Por esto el poder fertilizante del carbon animal, que hasta hace poco se habia atribuido exclusivamente al fosfato de cal, se ha visto por experimentos directos que es insignificante cuando está dicha materia completamente desprovista de la parte animal.

Por esto, finalmente, *el valor de un abono es relativo á la cantidad de fosfatos y á la cantidad de ázoe que contiene.*

SEGUNDA PARTE.

Abonos fosfatados.

Antes de entrar de lleno en la segunda parte de la memoria que nos prescribe el programa de la Academia, ó sea á tratar de *los procedimientos más económicos para utilizar los fosfatos térreos en la produccion de cereales en la Península*, veamos en general de dónde pueden las plantas procurarse fosfatos térreos, siguiendo en este estudio el órden de materias que indica el siguiente cuadro:

- Fosfatos que pueden encontrarse naturalmente en el tereno.....
  - Fosfatos propios del mismo terreno.
  - Fosfatos procedentes de los despojos de los vegetales y animales.
  - Materias fosfatadas procedentes de la atmósfera.
- Materias que pueden suministrar fosfatos á las plantas.
  - Abonos azoados.....
    - Estiercol.
    - Materias fecales.
    - Guano.
    - Huesos.
    - Resíduos de algunas industrias, y abonos artificiales.
  - Abonos minerales. ..
    - Cal y margas con mezcla de fosfatos.
    - Fosfatos minerales.
    - Productos artificiales.

Fosfatos propios del mismo suelo. Siendo la tierra vegetal formada por los detritus de diferentes rocas, que han sido arrastrados hácia los valles, hay siempre una estrecha relacion entre la naturaleza de la tierra y la de las rocas de que procede.

Muchas veces, en virtud de las leyes que han precedido á su formacion, se observa que el subsuelo difiere algun tanto del suelo activo, sea por la propia naturaleza de los sedimentos, sea que la capa superficial ó suelo haya sido modificada por la mano del hombre ó por la misma vegetacion.

Por el mundo agrícola han resonado en estos últimos tiempos las sombrías profecías del eminente Liebig, quien lamentando la pérdida contínua de fosfatos con las materias que los sumideros de las grandes poblaciones arrastran hácia el mar, parece indicar que ha de llegar un dia en que la tierra, exhausta de fosfatos, no produzca ya más trigo. Sin que en el fondo no deje de ser un gran axioma el principio sentado por Liebig, debemos, sin embargo, indicar los grandes recursos que actualmente tenemos á mano, ínterin llega el dia en que el labrador, con la balanza en la mano, aprecie debidamente el valor de las materias que pueden servirle de abono para sus campos, y pueda disponer de medios reales de trabajo de que ahora todavía no dispone.

Hay tierras tan ricas en fosfatos naturales, que se las puede considerar inagotables por un gran número de años; y que aun despues de pasado este largo período, en que la capa superficial llegue á quedar exhausta de fosfatos por las cosechas multiplicadas de gramíneas, pueden todavía volver á ser fértiles por medio de un cultivo especial. Esto será una de las grandes ventajas de las labores con el vapor, cuando esto llegue á ser un método práctico de hacer factibles y fáciles las buenas y profundas labores de cualquier terreno que sea.

La cantidad prodigiosa de principios nutritivos arrastrados por las aguas, procede exclusivamente de la capa labrantía, que en muchos paises no pasa de un grueso de 4 á 5 pulgadas: prescindiendo, por consiguiente, de los otros recursos que la ciencia puede proporcionar al labrador, hay subsuelos ó segundas capas de tierra de considerable profundidad, que contienen fosfatos en abundancia, las cuales pueden

alimentar durante muchos siglos la produccion de cereales. Para esto solo se necesitarán, cuando llegue el caso, *labores profundas*, y en último resultado, *desfondos* (1).

Fosfatos procedentes de los despojos de los vegetales y animales. Una tierra exhausta de fosfatos no producirá cereales; y en vano se deja *descansar*, si no se le añaden las sales térreas que le faltan para producir cosechas abundantes. Puede, sin embargo, influir algun tanto el *barbecho* en la desagregacion de los fosfatos térreos que pudiesen haber quedado en la misma tierra, poniendo bajo un estado asimilable los que antes no lo eran. Los vegetales que espontáneamente crecen en los barbechos, así como el rastrojo que se entierra con el arado, y los vegetales que se siembran para enterrarlos tambien cuando llegan á cierta época de su desarrollo, preparan el suelo perfectamente; y la pequeña cantidad de fosfatos que hicieron pasar al estado soluble, queda entonces en las mejores condiciones para ser asimilados.

Las malas yerbas que se arrancan de una tierra, llevan consigo cierta porcion de fosfatos que se pueden devolver al mismo suelo quemándolas y esparciendo sus cenizas; lo mismo que se hace con el rastrojo en los paises en que, por razon de la sequedad del clima, su descomposicion espontánea seria sumamente lenta.

Los animales silvestres, desde los cuadrúpedos hasta los más microscópicos insectos, contribuyen poderosamente á modificar la capa de tierra vegetal, proporcionándole los fosfatos asimilables que proceden de sus deyecciones y despojos.

Así es como se han formado esos depósitos inmensos de guano que constituyen la riqueza de algunos paises. Así tambien se formaron en época muy remota esos inmensos bancos de coprolitos (véanse las páginas 221 y 222) en que funda hoy dia su esperanza la agricultura moderna.

Materias fosfatadas procedentes de la atmósfera. Hace mucho tiempo que se ha reconocido en la atmósfera la existencia de una porcion de

---

(1) Se llaman desfondos las labores á mas de 25 centímetros de profundidad.

materias orgánicas, las cuales proceden tanto del reino vegetal como del animal; y en virtud de su gran tenuidad, ya se mantienen en suspension en el aire, ó ya son arrastradas ó precipitadas por las corrientes. A este órden de fenómenos pertenecen los miasmas pútridos que infeccionan el aire en las marismas y comarcas pantanosas, atribuyéndose á causas análogas la fecundacion de ciertas plantas, la aparicion del moho y de los hongos y de otros fenómenos análogos.

Zimmermann, Brandes, Hermbstadt, Kruger y Boussingault, determinaron ya la presencia del fósforo en las materias orgánicas contenidas en el agua de lluvia.

El conocimiento de la existencia de estos seres organizados en la atmósfera, envuelve en sí el conocimiento de que existen constantemente en la misma diferentes principios fosfatados.

Los vientos arrastran de la superficie de las aguas cenagosas ó de los pantanos desecados millares de *rotíferos* y otros seres organizados, que, inmóviles y con toda la apariencia de la muerte, flotan en el aire hasta que el rocío los precipita sobre la tierra. (Humboldt.)

La atmósfera contiene además huevos de insectos y los gérmenes de vegetaciones *criptogámicas*, las mismas que se fijan muchas veces sobre los cereales ó sobre las patatas, produciendo diversas enfermedades en estas plantas.

Barral, en una memoria que presentó á la Academia de París en noviembre de 1860, fundándose en estos hechos ya conocidos y en observaciones propias, anunció el descubrimiento de las materias fosfatadas en la atmósfera; y sin que admitamos como descubrimiento lo que *à priori* debia suponerse, es preciso convenir en que dicha memoria fija algun tanto las ideas acerca de este particular. Barral, valiéndose de medios sumamente precisos, recogió y analizó el agua de lluvia durante 5 años consecutivos. Entre los resultados de sus análisis, llama muy especialmente la atencion el que la cantidad de ácido fosfórico contenida en las aguas pluviales recogidas en el campo y en la ciudad, es proporcional al volúmen del líquido, si bien varía con la cantidad de resíduo obtenido por la evaporacion de dicho líquido, cuyo resíduo es más

abundante en el agua de lluvia de las ciudades, á causa de la impureza de su atmósfera.

No se explica satisfactoriamente cómo esta mayor cantidad de impurezas no da mayor proporcion de ácido fosfórico. Barral indica que la existencia de estas materias fosfatadas en la atmósfera, podria atribuirse al hidrógeno fosforado inflamable, procedente de la putrefaccion de materias animales; mientras que Figuier combate esta opinion, atribuyendo la existencia de dichas materias fosfatadas al fosfato de cal arrebatado por los vientos á las rocas y á los terrenos. Por nuestra parte, no vemos en estas dos opiniones más que una razon para explicar la igualdad de la porcion de fosfatos que existe, tanto en la atmósfera de las poblaciones, como en la del campo. En la primera dominan las materias fosfatadas procedentes del reino orgánico, mientras que en la segunda dominan las que proceden del reino mineral.

La cantidad de ácido fosfórico obtenida por dicho químico del agua de lluvia, es de 0,05 á 0,09 de milígramo por litro de agua. Calculando la cantidad de agua que anualmente cae sobre una hectárea de terreno, deduce Barral que dicha superficie recibe anualmente por este medio 400 gramos de ácido fosfórico; y como segun Boussingault, 1 hectólitro de trigo roba á la tierra 1 kilógramo de ácido fosfórico, resulta que para producir 7 ú 8 hectólitros de trigo por hectárea, ó bien refiriéndose á nuestro pais, 8 ó 9 fanegas de trigo por fanega de tierra, que es la cosecha ordinaria de las que se cultivan por el sistema de barbechos, sería preciso dejar reposar durante 20 años una tierra, para que se repusiera de la pérdida de fosfatos ocasionada por una cosecha.

De aquí la necesidad de los abonos artificiales, so pena de hacer lo que los árabes, que dejan descansar sus tierras durante muchos años.

Materias que pueden suministrar fosfatos á las plantas.

Estiercol.—La lengua española, tan rica en refranes, tiene uno, de aplicacion á la agricultura, que dice: *el labrador antes sin orejas que sin ovejas*. La importancia que en la agricultura se da al ganado, es, pues,

no solamente la que tiene en si la cria y especulacion del mismo, sino el aprovechamiento de sus deyecciones para abonar los campos

Sabemos que solo en el cuerpo del animal jóven subsiste una cantidad de fosfato calizo en los huesos, y de fosfato alcalino en la sangre (Liebig); y que á excepcion de esta pequeña cantidad, el animal nos devuelve en forma de excrementos todas las sales de base alcalina, todos los fosfatos de cal y magnesia que diariamente recibe con los alimentos.

En Holanda las vacas que dan leche, permanecen dia y noche en los pastos, de modo que todas las sales que contienen los forrajes, vuelven al suelo en forma de excrementos; así, pues, estos prados no pierden más que la cantidad de sales que permanecen en el queso (Liebig).

Si buscamos en España un ejemplo práctico de este método de explotar el suelo, lo encontraremos en el gran cultivo de las provincias de Andalucía. En dichas provincias se sigue para labrar la tierra el sistema llamado de *tres hojas*, esto es, de dividir la tierra en tres partes: una se siembra, otra se *barbecha* y la tercera se deja de *manchon*. La fertilidad de las tierras de Andalucía es verdaderamente asombrosa, y esto hace que en el *manchon* nazcan espontáneamente muchas plantas forrajeras de las mejores que se conocen, entre ellas la sulla, los tréboles, vallico, avena, etc. (Hidalgo Tablada). En el manchon se hace entrar el ganado, el cual deja el suelo movido y mezclado con sus deyecciones.

Esta práctica basada sobre un buen principio agrícola, tiene las más de las veces algo de empírico y defectuoso. Efectivamente, si en virtud de la misma fertilidad del terreno el único alimento del ganado es el forraje que produce aquel, la cantidad de fosfatos no aumenta; antes al contrario, aun suponiendo que el ganado permanece dia y noche en el manchon como en los prados de Holanda, habrá pérdidas de fosfatos, asimilados por los animales jóvenes, en los cuales forman parte de los huesos, de la sangre y de algunos productos que rinden, tales como la leche y la lana. Así, pues, todo el efecto útil del ganado en los manchones consiste en que una porcion de sales térreas del mismo suelo se encuentra en las deyecciones de los animales en un estado más fácil-

mente asimilable; efecto análogo, aunque más pronto que el producido por la influencia atmosférica, por la cal (véase pág. 250), y hasta por la misma vegetacion espontánea sobre el barbecho (véase pág. 218).

Cuando el ganado no se alimenta exclusivamente del producto del mismo manchon, sino que recibe además una cantidad de principios nutritivos procedentes de tierras extrañas, entonces, además del efecto indicado anteriormente, se podrá obtener por medio de las deyecciones del ganado, ó de los estiércoles que produzca, un aumento de fosfatos en el suelo.

El acarreo de estiércoles tiene por objeto evitar el empobrecimiento de una tierra cultivada, siendo muchas veces el estiércol la única materia con la cual se restablece el equilibrio en un terreno. Es necesario en este caso, como ya advertimos antes, que el alimento de los animales no proceda todo exclusivamente del terreno que se quiere abonar. El acarreo de estiércoles de los alrededores del punto en donde se labra, y el establecimiento de un buen estercolero, es una de las cuestiones de más trascendencia para el labrador.

Cuando se trata del cultivo de cereales en grande escala, la cantidad de estiércol que se produce, por lo regular, no es suficiente para las necesidades locales: en este caso se barbecha, dejando que la influencia atmosférica complete la obra empezada por la accion de las materias azoadas sobre las sales térreas insolubles del mismo suelo.

Materias fecales.—Las materias procedentes de los *pozos negros*, y acarreadas desde el centro de las grandes poblaciones, deben comprenderse entre las sustancias propias para reparar las pérdidas producidas por las cosechas. Dichas materias se usan de distintas maneras segun la práctica de cada pais establecida con arreglo á ciertas exigencias locales. Su uso data de tiempo inmemorial entre los chinos, siendo hoy dia seguido en Bélgica, Prusia, Austria, Toscana, Rusia y algunas provincias de España, como son Cataluña y Murcia. En cambio hay paises muy adelantados que dejan perder este inmenso raudal de ázoe y de fosfatos, siendo arrastrado por los rios hácia el mar.

La mayor parte de las poblaciones inglesas y francesas tienen establecido un sistema tal de limpieza, por el que dichos elementos, tan

útiles al terreno, se disipan, comprando en cambio huesos, guano y otros abonos á las naciones extranjeras.

Rigurosamente hablando, este sistema puede producir el empobrecimiento de todas las tierras de Europa. Liebig, llevando estos temores hasta el extremo, hace las siguientes reflexiones respecto de Inglaterra, cuya nacion, segun él, ha explotado de tal modo todos los paises habitados del globo, que los fabricantes de abonos fosfatados fundan sus esperanzas en los depósitos de fosfato de cal que existen con abundancia en el reino mineral. «Si en Inglaterra continúa el sistema actual »de limpieza, dejando perder las aguas sucias de las ciudades, los abo- »nos extranjeros, el guano, los huesos y demás serán tragados por las »alcantarillas que, como un abismo sin fondo, vienen hace tantos siglos »absorbiendo los principios fertilizantes de todas las tierras arables de »Inglaterra; y despues de esto, cuando Inglaterra haya agotado com- »pletamente todas las tierras cultivadas en Europa; cuando las haya im- »posibilitado para darla abonos y granos, se hallará del mismo modo »que antes de la importacion del guano y de los huesos, habiendo úni- »camente alcanzado un aumento de poblacion sin lograr un aumento »de medios de produccion; y así como Roma esterilizó la Sicilia, la »Cerdeña y las costas de Africa, así Inglatera ha contribuido poderosa- »mente al empobrecimiento de las mejores tierras de los Estados-Unidos »que la proveian de trigos.» (Carta del Baron de Liebig á Mr. Mechi de Tiptree-Hall.)

En medio de todas estas razones, hay otras que se oponen á la aplicacion general de los líquidos excrementicios á la produccion de cereales. Una de estas razones es puramente económica; es decir, que no siempre los gastos de acarreo serán compensados por el producto de la cosecha. Otra razon poderosa que atañe á determinadas localidades, es la desproporcion que hay entre el número de habitantes y la superficie labrada. Así, mientras que en algunos parajes de Cataluña, especialmente cerca de los grandes centros de poblacion como Barcelona, en que la propiedad está muy repartida, es fácil poderse procurar la cantidad de materias excrementicias que se necesitan para que aquellas tierras produzcan cereales, vemos que en Andalucía, donde hay falta

de poblacion, y donde el cultivo se hace en grande escala, sería imposible procurarse la cantidad suficiente de dicha materia.

Otro inconveniente se presenta todavía para poder aprovechar económicamente los líquidos excrementicios de las poblaciones: tal es el aumento siempre creciente de agua en los pozos negros, ocasionado por nuevas necesidades y por los reglamentos municipales. Esto dificulta muchas veces el aprovechamiento de dichas materias para la fabricacion de abonos artificiales, especialmente el que se conoce en Francia con el nombre de *poudrette*, usado en el reino de Valencia con el nombre de *fempta*.

Este abono muchas veces es simplemente el producto de la desecacion espontánea de las materias excrementicias en grandes albercas; y otras veces lleva mezela de diferentes sustancias desinfectantes, como son el carbon animal, la tierra vegetal carbonizada, ó ciertas sales metálicas que, fijando el amoniaco de aquellos líquidos, aumentan el efecto útil del abono.

Concretándonos simplemente al caso de los fosfatos que hay que devolver al suelo, la *fempta* ó materias fecales desecadas, aun cuando hayan perdido una parte de ázoe, llenan perfectamente el objeto; y esparcidas á voleo sobre un campo pueden fertilizarlo, y devolverle las sales alcalinas y térreas que hubiese perdido en las cosechas anteriores.

Guano.—Los excrementos de las aves, como abono, tienen una accion superior á la de los herbívoros; y esta diferencia depende principalmente de que las aves se alimentan por lo regular de semillas é insectos, así como tambien de su forma concreta. El guano debe considerarse entre estos productos. Esta materia se encuentra en gran cantidad en un gran número de islotes del mar del Sur, en las costas del Perú y de Chile, formando depósitos estratificados que presentan á veces hasta 20 metros de espesor. Estas islas están habitadas por una multitud de aves, sobre todo ardeas y fenicopteras, que se posan en ellas durante la noche, y cuyos excrementos presentan una composicion idéntica á la de la materia de las capas más antiguas de estos depósitos.

Malagutti, calculando que en el supuesto que estas islas estuvieran

completamente cubiertas de aves, sería preciso 600.000 años para que se formaran dichos depósitos, cree que han debido concurrir otras causas á su formacion, y que tal vez la masa principal del guano es un producto anti-diluviano.

Sea como fuere, el hecho es que desde tiempo inmemorial las costas estériles del Perú deben sus cosechas de cereales al uso del guano, que los naturales aplican en pequeñas dósis, especialmente para el cultivo del maiz.

Hace pocos años que los ingleses introdujeron este abono en la agricultura, y desde entonces se han descubierto depósitos inmensos de guano en otros puntos del globo.

El guano es un abono de composicion variable, pues unas veces la cantidad de ázoe que contiene pasa de 14 por 100, mientras que en otras calidades no llega á un 5 por 100. La cantidad de fosfatos térreos es tambien variable desde 25 á 42 y aun más por 100, prescindiendo de la cantidad de fosfatos alcalinos que contiene.

Se encuentra tambien en el guano oxalato amónico, cloruros y sulfatos alcalinos, y en algunas variedades el ácido úrico.

El guano es un abono que bajo todos conceptos está en las condiciones más favorables para proporcionar fosfatos á los vegetales; y esta circunstancia, para la cual contribuye no poco la gran cantidad de materias azoadas que contiene, hace que su influencia sobre los vegetales sea rápida y se manifieste instantáneamente. La influencia del guano muchas veces no se hace sentir más que en una cosecha; fenómeno que los labradores esplican diciendo que el guano esquilma la tierra, y efectivamente es así. Usando este abono tan rico en sales amoniacales, la tierra produce cosechas más considerables; pero el aumento de estas traerá como consecuencia el empobrecimiento del suelo, pues que la excitacion producida por las combinaciones azoadas, pudiendo determinar la disolucion de una gran cantidad de fosfatos (véase pág. 256), hará que las plantas absorban, además de los fosfatos contenidos en el guano, una cantidad notable de los que naturalmente se encontraban en el suelo. Así, pues, el guano del Perú produce un bien momentáneo, que conducirá inevitablemente á un mal en lo futuro. (*Informe sobre el*

guano de los Cayos de los Jardinillos al Capitan General de la isla de Cuba, por D. Alvaro Reynoso.)

Las aplicaciones del guano del Perú resultan más ventajosas cuando se mezcla dicha materia con fosfato de cal fósil pulverizado, en cantidades iguales cuando menos (Pommier). En todo caso, un exceso de fosfatos térreos nunca puede ser nocivo, al paso que su falta ó escasez en un abono abundante en sales amoniacales, podria tener fatales consecuencias.

Huesos.—La descomposicion de estos sobre el terreno es muy lenta, y por consiguiente su influencia se deja sentir en las cosechas sucesivas sin esquilmar la tierra.

El convencimiento de la necesidad de los abonos fosfatados hizo que Inglaterra, que marcha siempre por sus adelantos agrícolas al frente de las naciones civilizadas, se ocupara desde los primeros años de este siglo en esparcir en sus campos una sustancia tan útil y necesaria. A este efecto principiaron á emplear los huesos; y no solo practicaron toda especie de diligencias para procurarse huesos en su pais, sino que fletaron buques para todos los paises de Europa, de América, y aun de las Indias Orientales, para que les trajesen el precioso abono; compraron en las costas del mar Báltico la tierra y huesos de los cementerios; finalmente, no respetando restos gloriosos, extrajeron de los grandes campos de batallas de Alemania, en solo el año de 1822, mas de 30.000.000 de kilógramos de huesos humanos, probablemente mezclados con tierras, para bonificar sus campos.

Hoy dia Inglaterra importa anualmente mas de 50.000.000 de kilógramos de huesos procedentes de distintos puntos del globo.

De Inglaterra, el uso de los huesos como abono ha cundido á todos los paises civilizados; de modo que hoy dia este artículo no solo ha duplicado su valor, sino que aun escasea en el mercado.

En Francia, en lugar de los huesos crudos, se usan los huesos carbonizados, ó sea el carbon animal; pero como esta sustancia cuando está completamente desprovista de materia orgánica es muy poco activa, se utiliza regularmente para la agricultura despues que ha servido como descolorante en las refinaciones de azúcar ó en otras industrias.

Resíduos de algunas industrias y abonos artificiales.—El carbon de hueso

que procede de las refinaciones de azúcar, contiene la materia colorante que pertenecia á los jarabes que ha descolorado, y bajo tal estado obra más enérgicamente sobre la vegetacion, por la mayor cantidad de materia orgánica que contiene, susceptible de desagregar, al descomponerse, el fosfato de cal del hueso y disponerlo para su disolucion y asimilacion. Esta materia es una de las más usadas en los departamentos del Oeste de Francia, á donde refluyen todos los que proceden de las refinaciones de todos los puntos del imperio; su valor como abono aumenta considerablemente cuando el carbon animal va mezclado con sangre empleada en la clarificacion de los jarabes de azúcar, hasta el punto que este resíduo de la clarificacion se vende más caro que el mismo producto fabricado exprofeso por la clarificacion y descoloracion de los jarabes.

En Nantes, que es el gran mercado de este artículo, y en donde se reunen los resíduos de las refinaciones, no solamente de Francia, sino tambien de Hamburgo, Amsterdam, Rusia y otros paises, se venden todos los años más de 17.000.000 de kilógramos de esta materia.

A esta misma clase de abonos pertenecen los resíduos de las tenerías, mezcla de materias alcalinas ó calizas empleadas como depilatorios, y de materias animales más ó ménos descompuestas, tales como el pelo, resíduos de la piel, etc.

Podríamos citar otros resíduos procedentes de diferentes industrias, tales como el orujo de muchas semillas oleaginosas, la cama y demás desperdicios de los gusanos de seda, etc., etc., materias á que la agricultura da valor desde el momento en que las utiliza como abono.

Con los desechos y resíduos de algunas industrias, y con los despojos animales que no tienen otra aplicacion directa, se fabrican abonos comerciales. El excremento de las aves, las materias fecales desecadas, la sangre y la carne igualmente desecadas, el hueso pulverizado, las raspaduras de asta, el pescado seco pulverizado y otros muchos resíduos orgánicos é inorgánicos, son las materias primeras que sirven para la confeccion de estos abonos. *Toda la habilidad del fabricante está ó consiste en obtener una mezcla, en la cual dominando hasta cierto punto las materias fosfatadas, el efecto del abono no se limite al desarrollo momentáneo de la planta,*

esquilmando la tierra por causa de un exceso de compuestos azoados de facil descomposicion. Por esto en dichos abonos el efecto demasiado activo de la palomina y demás excrementos de aves, así como el de la sangre y aun el de la carne, está neutralizado por el de los huesos y el de la materia córnea, cuya descomposicion es lenta, y cuya influencia deja sentirse en el terreno en las cosechas sucesivas.

El pescado seco reducido á polvo contiene un 12 por 100 de azoe, y un 14 y un décimo por 100 de fosfatos térreos, constituyendo por sí solo un buen abono, tanto más, cuanto que el acarreo de esta materia no ocasiona el empobrecimiento de otras tierras. La industria de Mr. Demolon, establecida en Francia de algunos años á esta parte, está fundada bajo todos conceptos sobre principios lógicos.

En algunos puntos, por ejemplo en la costa de Galicia, el producto de la pesca en ciertas épocas del año es tan abundante, que se aprovecha echándolo sin preparacion alguna sobre la tierra, usándose tambien con igual objeto las algas y demás plantas marinas que las mareas arrojan á las playas,

En Holanda y en algunos puertos de Escocia y de Francia, se aprovecha la salmuera y los demás resíduos procedentes de la preparacion de los arenques para las tierras destinadas especialmente á legumbres. Dicha salmuera contiene 5 gramos de azoe y 5,8 gramos de ácido fosfórico por litro, empleándose, ya en forma de irrigaciones, ya mezclada con el estiercol, ya formando abonos compuestos con otras materias.

Abonos minerales.

Cal y margas con mezcla de fosfatos.—No nos estenderemos acerca del efecto que producen la cal y las margas sobre los terrenos, porque lo consideramos ageno al objeto de esta Memoria; solo indicaremos que debe tenerse en cuenta la influencia que sobre el mismo terreno produce el fosfato de cal que accidentalmente acompaña á estos abonos minerales.

En efecto, si analizamos con escrupulosidad la mayor parte de las

calizas, muy á menudo encontraremos cantidades de fosfatos, las cuales en las variedades amorfas, son por lo comun muy sensibles, y hasta llegan á ser de alguna consideracion.

La cal, esparcida sobre los terrenos duros y arcillosos, los hace permeables, y pone en libertad los álcalis, desagregando los silicatos de alúmina y potasa, haciéndolos facilmente asimilables por el vegetal. (Fuchs.) Es innegable que si la cal contiene 1, 2 por 100 ó más de fosfatos, no dejarán estos de contribuir al buen resultado de la cosecha.

Lo mismo debe decirse del abono con las margas que accidentalmente contengan alguna cantidad de fosfatos. El carbonato de cal hecho soluble en el agua á beneficio de un esceso de ácido carbónico, obra sobre la arcilla de la misma manera que una lechada de cal; y así se esplica la influencia favorable que la marga ejerce sobre la mayor parte de los terrenos. (Liebig.) Al propio tiempo, el mismo agente que determina la disolucion del carbonato de cal, puede determinar la del fosfato de cal existente tal vez en la marga; pudiendo al mismo tiempo obrar cualquiera de las causas mencionadas en las páginas 218 y 219 como disolventes de los *fosfatos térreos de dichas margas*.

Fosfatos minerales.—Trataremos este punto con toda la estension que requiere su importancia, pues á él tal vez hace especial referencia el programa dado por la Academia.

Hemos visto (págs. 219 y 220) las diferentes variedades de fosfatos que se presentan en la naturaleza. Existiendo tan gran cantidad de fosfatos minerales, ¿seria posible aplicarlos todos indistintamente á la agricultura para restablecer en los terrenos las pérdidas ocasionadas por las cosechas?

La aplicacion del fosfato de cal mineral para abono de las tierras ha sido una innovacion, cuya iniciativa pertenece á los ingleses.

En un principio, la eficacia de aquellos agentes fué puesta en duda y hasta negada en los demás paises; pero al fin y al cabo se reconoció por todos. Mientras en Francia y en Alemania se formaban teorías acerca de la accion que podian tener los abonos puramente minerales, en Inglaterra se ensayaban prácticamente; y al propio tiempo que importaba aquella nacion grandes cantidades de guano, nitratos de sosa y potasa

del Perú, huesos de Buenos Aires y otros abonos de reconocida influencia, sometia á ensayos prácticos diferentes rocas fosfatadas que el reino mineral le presentaba con tanta profusion en algunos condados, bajo la forma de nódulos implantados en el *crag calcáreo*, y tambien en la capa superior de la arena verde *(upper green sand)* que precede inmediatamente á la creta superior.

Los franceses, que negaron al principio los efectos del fosfato fósil, reconocieron pronto su error; empezaron á buscarlo con ahinco, y pronto montaron establecimientos que, á imitacion de los que existen en Inglaterra, preparan los fosfatos minerales para la agricultura.

En España, en 1857, se llevó esta cuestion á las Córtes con grandes promesas para el presupuesto nacional; y tomando por punto de partida la esplotacion de la fosforita de Logrosan, se formuló un proyecto de ley, cuyas bases no eran tal vez las más á propósito para que se esplotara dicha materia debidamente y para que su uso se generalizara entre nuestros labradores. Esta circunstancia, junto con algunas ideas científicas que se vertian en el preámbulo de dicho proyecto de ley, leido por el Sr. Ministro de Fomento en la sesion de Córtes del 12 de junio de 1857, dieron lugar á que personas científicas de reconocida suficiencia en su carrera especial, impugnaran dicho proyecto de ley, tal vez en demasía. (Véanse los documentos al fin de esta Memoria.)

Desde algun, tiempo antes que el Gobierno español fijase su atencion en los criaderos de Logrosan, se esportaba ya de este punto gran cantidad de fosforita para Inglaterra, no para aplicarla en tal estado sobre el terreno, sino para prepararla antes convenientemente para el mismo uso.

La experiencia ha demostrado que hay ciertos fosfatos de cal minerales que pueden servir para restablecer en el terreno la cantidad de fosfatos que se han llevado las cosechas, con tal que se coloquen en las condiciones propias para ser disueltos y asimilados: teniendo presente que así como el carbon animal por si solo tiene poca influencia sobre la vegetacion no yendo acompañado de materias azoadas, así tambien el fosfato mineral obra, en iguales circunstancias, de una manera incompleta, y más aún si no se le presenta ó emplea en polvo impalpable.

Así, pues, el mejor uso que puede hacerse de dicho fosfato mineral es mezclarlo con el estiercol antes de fermentar, ya sea esparciéndolo sobre la cama de los animales, ya estratificándolo con dicho abono en el momento de sacarlo del establo.

Esta práctica se observará cuando se trate de aplicarlo á tierras calcáreas, ó empobrecidas de materias orgánicas, ó mejoradas con cal ó margas. Al efecto, despues de haber extendido sobre el suelo una capa de 25 centímetros de dicho estiercol, se esparcirá por encima el fosfato en 10 ó 12 kilógramos por 1.000 de estiercol. (Pommier.)

Despues de cuanto llevamos dicho, no creemos necesario insistir acerca de los buenos efectos que sobre dichos fosfatos producirá el ácido carbónico que se desprende durante la fermentacion del estiercol; así como tambien la influencia de las materias azoadas del mismo sobre la asimilacion de los fosfatos por los vegetales.

Algunos de los primeros ensayos hechos para aplicar los fosfatos minerales á la agricultura, fallaron á causa de la insolubilidad de aquellos y de la poca tenuidad de sus partículas. Cuanto mayor sea el estado de division bajo el cual se presenten al terreno, más fácilmente serán atacados por los ácidos débiles del mismo y puestos en estado de disolucion, *única forma bajo la cual* pueden ser absorbidos por las raices.

A fin de presentar el fosfato ya en estado asimilable al terreno, los ingleses convierten préviamente el fosfato mineral ($3CaO, PhO^5$) en bi-fosfato soluble ($CaO, 2HO$) PhO^5; para lo cual, despues de varios ensayos, han montado grandes fábricas, en donde atacan el fosfato mineral con el ácido sulfúrico y obtienen una mezcla pulverulenta, compuesta en su mayor parte de sulfato y bi-fosfato de cal, á la cual han dado el nombre de super-fosfato de cal *(super fosfate of lime)*.

Hoy dia que los franceses se han dedicado con ahinco á busear criaderos de fosfato de cal fósil, poseemos ya cuantas noticias se necesitan para aplicar este abono con conocimiento de causa.

Se observa que el fosfato de cal fósil en nódulos ó coprolitos, se hace más fácilmente asimilable por los vegetales, cuando despues de reducido á polvo fino, se deja expuesto al aire durante algunos meses; siendo en todo caso variable su accion, segun se emplee solo ó mezclado con sus-

tancias orgánicas. Los experimentos que se hagan con esta materia deben practicarse siempre sobre terrenos nuevamente roturados ó no abonados en los años anteriores, pues que los fosfatos que pudiera contener dicho terreno, dejan sentir su influencia mucho tiempo despues.

Para las tierras pobres en agentes de disolucion, conviene mezclar dichos fosfatos con sustancias orgánicas; y por el contrario, podrán usarse solos en tierras novales abundantes en resíduos ó despojos vegetales: práctica que está en armonía con el modo como se aplica el carbon animal.

La adicion de la sangre desecada ó de cualquiera otra materia azoada análoga á los nódulos en polvo fino, produce excelentes resultados bajo el triple punto de vista del rendimiento en granos, vigor de la paja y precocidad en el vegetal.

Insistimos en que de la investigacion de los coeficientes de solubilidad deducidos en un laboratorio, á su segura aplicacion en agricultura, hay toda la distancia que separa un efecto en estremo sencillo de otro en extremo complejo. (Bobierre.) Por esto indicamos todas las causas que pueden contribuir á la disolucion de los fosfatos térreos del suelo, sin limitarnos á una determinada teoría ni atribuir todo el efecto útil á una causa sola.

Como sucede en todo nuevo descubrimiento, mientras unos se esfuerzan en desacreditarlo, otros exageran sus ventajas hasta el extremo. No creemos, como muchos suponen, que el fosfato mineral, cualquiera que sea el estado bajo el cual se presenta, echado sobre el suelo, duplique como por encanto las cosechas, si al mismo tiempo no obran las causas que han de hacer asimilable dicho fosfato. Exageracion parece tambien lo que dice Mr. Jamet, agricultor francés, que cuando se alimenta el ganado con trébol, mielga, y sobre todo con la pulpa de la remolacha, materias que no tienen suficiente cantidad de fosfatos, es preciso mezclar cierta porcion de estas sales minerales en polvo con los forrajes. Jamet cita un experimento hecho con unas vacas alimentadas con remolacha mezclada con fosfato mineral en polvo, las cuales producian más leche y de mejor calidad, y su salud era mucho mejor que la de otras que no se sujetaron á este régimen; esto probaria la posibi-

lidad de la asimilacion directa de los fosfatos térreos por el organismo animal, lo mismo que por el vegetal.

La aplicacion inmediata del fosfato de cal mineral á la agricultura, depende tambien del estado de agregacion de aquel mineral. Inútil seria esperar de la fosforita de Logrosan, reducida á polvo y espareida sobre los campos, el efecto de los nódulos de Ardennes, en Francia, y de los coprolitos de Surrey, en Inglaterra: reducidos á polvo estos últimos en molinos semejantes á los que sirven para moler el café, aunque en mayor escala, y simplemente esparcidos sobre la tierra, han dado por resultado que los campos que rendian 12 simientes por 1, han producido durante dos años consecutivos 15 y 16.

Los franceses, poco seguros todavía del efecto que el fosfato de cal fósil podia surtir sobre sus tierras, reeurrieron á desagregarlo por mil medios distintos.

En la fábrica que hácia el año de 1857 Molon y Thurneisen establecieron en la Villette, cerca de París, se preparan los nódulos procedentes de los departamentos de Ardennes y de la Meuse de la manera siguiente. Despues de un lavado *(debourbage)* para separar la arcilla que contienen, se calientan en un horno de reverbero, inmergiéndolos repentinamente en agua fria, á fin de que sea más fácil su trituracion en los molinos. En realidad esta operacion puede suprimirse, pues los nódulos se pulverizan tan fácilmente antes de la tostacion como despues; siendo igualmente atacados por el ácido clorhídrico en frio, el cual disuelve casi todo el fosfato, dejando un resíduo arenoso.

Hace poco tiempo que se ha empezado á producir un fosfato de cal al estado de division química y muy soluble hasta en los ácidos débiles, precipitando por medio de la cal los fosfatos disueltos en el ácido clorhídrico. (Elie de Beaumont.)

Prestándose todos los fosfatos minerales á este tratamiento, es claro que hasta las variedades más compactas, como nuestra fosforita de Logrosan, pueden ponerse bajo un estado asimilable por las plantas.

Dotado este fosfato de una gran cohesion, los medios mecánicos de que podemos disponer para ponerlo en su mayor estado de division, han sido insuficientes. Asi es que las primeras importaciones de fosfato de

Extremadura que hicieron los ingleses antes de 1850, no produjeron el resultado favorable que esperaban los agricultores de la Gran Bretaña, teniendo que confesar que, en general, hasta despues de 1857 no pudieron obtener con los fosfatos minerales efectos comparables con los de los huesos ó con el carbon de las refinaciones de azúcar.

Segun Moride, para llegar á este resultado con los fosfatos minerales que son insolubles en los ácidos débiles, seria preciso disolverlos previamente en ácidos minerales enérgicos para separarlos de la materia silícea, y precipitarlos despues por medio de líquidos amoniacales y magnesianos, añadiendo finalmente materias animales ó fermentescibles.

Este procedimiento seria sin duda muy dispendioso, á no ser que se planteara cerca de grandes fábricas de sosa, en donde pudieran aprovecharse los vapores de ácido clorhídrico y efectuar la precipitacion con hidrato de cal, con las aguas amoniacales procedentes de las fábricas de gas del alumbrado ó con resíduos de otras industrias.

Mr. Moride presentó con este objeto un trabajo á la Academia de Ciencias de París, en el cual cita como fosfatos minerales insolubles en el ácido acético, en el agua de Seltz, en el sacarato de cal y en las turbas animalizadas en fermentacion, el *apatito de Logrosan* y los nódulos de Ardennes. Nada diremos de estos últimos, porque no tienen importancia alguna para nosotros; pero en cuanto al apatito de Logrosan, repetiremos (véase pág. 222) que este mineral es algo soluble en el agua saturada de ácido carbónico, y que la cantidad que se disuelve es mayor en el agua acidulada con ácido acético.

Guiándonos por los experimentos practicados por los ingleses, quienes en todo lo relativo á agricultura práctica son considerados como los maestros de los franceses, veremos en estos últimos años hechos que no dejan duda acerca de la posibilidad de aprovechar los fosfatos compactos, como la fosforita de Logrosan, para abono de las tierras, si bien despues de sufrir una preparacion.

En cualquier periódico inglés de los muchos que se publican dedicados exclusivamente á la agricultura, por ejemplo, el *The mark Lane express and agricultural journal*, en la seccion de anuncios y precios cor-

rientes se encontrará entre los abonos comerciales, los coprolitos de Cambridge y de Suffolk, el super-fosfato de cal de la fábrica de *Hodgson and Simpson* en Wakefield, de *Matthews and C.ª* en Driffield (Yorkshire), el nitro-fosfato fabricado con los huesos, con los coprolitos ó con los fosfatos minerales, entre los cuales se cita á menudo el de Extremadura. (Véase más adelante.)

De las noticias tomadas sobre el mismo terreno, resulta que la fosforita de Logrosan se manda á Inglaterra para la confeccion de abonos, dirigiéndola por Badajoz hácia Lisboa, y pagándose en los puertos de Inglaterra á 5 libras esterlinas la tonelada (1).

En resúmen, tanto por las razones científicas de todo lo expresado aquí, como en vista de los resultados obtenidos por los ingleses, creemos que el *verdadero fosfato fósil de orígen animal puede en ciertos terrenos aplicarse directamente reducido á polvo, y que los fosfatos de orígen puramente mineral, como la fosforita de Logrosan, aun cuando no producen directamente un efecto notable sobre el terreno, no por esto dejan de ser de gran utilidad para la agricultura, pues con ellos pueden prepararse abonos fosfatados, en los cuales el fosfato de cal esté bajo una forma asimilable por los vegetales.*

Preparacion de los fosfatos minerales en Inglaterra.—El método que usan los ingleses para hacer los fosfatos térreos minerales fácilmente asimilables, es mucho más sencillo que los indicados en la pág. 254. Por medio del ácido sulfúrico convierten el fosfato de cal tribásico $3CaO, PhO^5$ en fosfato ácido $(CaO, 2HO)PhO^5$, el cual es soluble en el agua; y este método lo emplean tanto para los huesos, como para los nódulos, y la fosforita de Logrosan. La cantidad de ácido sulfúrico necesaria para que la descomposicion sea completa, depende de la cantidad

(1) Una sociedad inglesa está explotando con arreglo á las leyes un terreno de fosforita, que es propiedad del Sr. Tocha, portugués, que reside en Estremóz de Portugal, á 10 leguas de Badajoz.

Otro propietario de terreno de fosforita, llamado D. Mário de Luna, en agosto de 1861, habia ya exportado unos 60.000 quintales á Inglaterra, Estados-Unidos y diferentes puntos del continente europeo.

de fosfato contenida en la materia, y tambien de la cantidad de carbonato calizo y de otras sustancias que pueden neutralizar mayor ó menor cantidad de dicho ácido, siendo conveniente que la materia primera sobre que se opera contenga la menor proporcion posible de carbonatos, á fin de no gastar una cantidad de ácido inútilmente.

Si el fosfato de cal fuese químicamente puro, por 100 partes del mismo se necesitarian 68,8 de ácido sulfúrico monohidratado; lo cual se desprende de la fórmula siguiente, sustituyendo los equivalentes químicos numéricos á los equivalentes simbólicos.

$$3CaO, PhO^5 + 2(SO^3, HO) = (CaO, 2HO)\ PhO^5 + 2(CaO, SO^3)$$
$$84 + 72 + 2(40 + 9) = \text{etc.}$$

El fabricante de superfosfatos debe analizar préviamente las materias primeras que recibe para saber no solamente la cantidad de fosfato real que contienen, sino tambien la de carbonatos. (Véanse los análisis al final de la Memoria).

Por 100 partes de carbonato calizo contenidas en el fosfato natural, deben emplearse 98 de ácido sulfúrico monohidratado, independientemente del que se necesita para descomponer el fosfato, segun se desprende de la siguiente ecuacion:

$$CaO, CO^2 + SO^3, HO = CaO, SO^3 + HO + CO^2$$
$$28 + 22 + 40 + 9 = \text{etc.}$$

Si el mineral contuviera carbonato de magnesia, se emplearia una cantidad de ácido correspondiente á dicho carbonato para descomponerlo tambien por completo, segun se vé en la siguiente ecuacion:

$$MgO, CO^2 + SO^3, HO = MgO, SO^3 + HO + CO^2$$
$$20 + 22 + 40 + 9 = \text{etc.}$$

Propongámonos, por ejemplo, descomponer los nódulos del Havre, cuya composicion, segun Berthier, es la siguiente:

Fosfato de cal.	57,3
Carbonato de cal.	7,6
Carbonato de magnesia.	2,6
Silicato de hierro y arcilla.	25,3
Agua y materia bituminosa.	7,5

Sabiendo ya por lo que hemos dicho antes la cantidad de ácido sulfúrico que se necesita para descomponer el fosfato de cal, así como tambien las cantidades del mismo ácido que serán neutralizadas por los carbonatos de cal y de magnesia, se encontrará la cantidad total de ácido necesaria por medio de las tres proporciones siguientes:

156	:	98	::	$57,3 : x =$	55,99
$(3CaO, PhO^5)$:		$2(SO^3, HO)$			
50	:	49	::	$7,6 : x =$	7,45
(CaO, CO^2):		(SO^3, HO)			
42	:	49	::	$2,6 : x =$	3,03
(MgO, CO^2):		(SO^3, HO)			
					46,47

La cantidad 46,47 indica las partes en peso de ácido sulfúrico monohidratado que deben emplearse por 100 partes de dichos nódulos pulverizados.

De la misma manera si se trata de descomponer un fosfato que contenga fluoruro de calcio, como la fosforita de Logrosan, deberá agre-

garse una cantidad de ácido que actúe sobre dicha materia, cantidad que se deduce de la siguiente ecuacion:

$$\begin{aligned} &CaFl + SO^3, HO = HFl + CaO, SO^3 \\ &39,18 + \quad 49 \quad = \text{etc.} \end{aligned}$$

Y si se ataca un apatito que tenga cloruro de calcio, habrá que calcular la cantidad de ácido sulfúrico, teniendo en cuenta la siguiente reaccion:

$$\begin{aligned} &CaCl + SO^3, HO = HCl + CaO, SO^3 \\ &55,5 + \quad 49 \quad = \text{etc.} \end{aligned}$$

Cuando se tratan estos minerales con el ácido sulfúrico concentrado, se forma una pasta muy espesa de fácil desecacion, pero muy difícil de remover: en este caso, para que la mezcla sea homogénea y la descomposicion completa, puede amasarse en molinos de muelas verticales de piedra inatacable por el ácido, ó bien pasándola por entre cilindros de la misma piedra ó de cualquiera otra materia, con tal que estén revestidos de plancha de plomo.

La masa homogénea se deja algun tiempo en reposo, completando despues su desecacion á un calor suave, en hornos de reverbero, semejantes á los que sirven para desecar la sosa y la potasa. Finalmente, la materia se reduce á polvo rápidamente en los molinos.

De la buena disposicion de estos medios mecánicos y del exacto conocimiento de la composicion de la materia primera, depende el que todo fosfato se encuentre atacado y todo el ácido sulfúrico neutralizado. Es muy comun, sin embargo, encontrar en los superfosfatos ingleses pequeñas porciones de fosfato insoluble, y otras veces pequeñas cantidades de ácido sulfúrico y fosfórico al estado de libertad (véanse los documentos al fin de la Memoria): lo primero procede de falta de ácido, y lo segundo de un esceso del mismo.

Algunos fabricantes neutralizan este exceso de ácido con carbon animal, polvo de hueso, cal, cenizas de madera ó de hulla. Creemos muy conveniente esta neutralizacion, sobre todo si para ello se emplean ma-

terias que contengan algun principio azoado, á fin de que el abono esté en todas las mejores condiciones. El carbon animal mezclado con sangre procedente de las refinaciones de azucar, seria la materia indicada para este objeto; pero á falta de este agente, el estiercol en fermentacion, que da una cantidad considerable de carbonato amónico, será escelente para dicho uso.

Así pues, supongamos que en un cortijo ó hacienda, la cantidad de estiercol que se produce, es de mucho insuficiente para abonar la extension debida de terreno. En este caso dispóngase el estercolero de modo, que cuando el estiercol está ya en fermentacion, pueda mezclarse con una gran cantidad de superfosfato. *Por este medio se logra fijar el amoniaco del estiercol, neutralizar el ácido libre del superfosfato (en caso de que exista), y finalmente poner al fosfato en todas las mejores condiciones de asimilacion, produciendo por tanto un excelente abono.*

Los ingleses fabrican tambien un abono al cual dan el nombre de *nitrofosfato de cal.* Esta materia se obtiene atacando los fosfatos minerales ó los de los huesos, con ácido nítrico del comercio; el fosfato de cal, el carbonato de cal y de magnesia, así como el fluoruro ó cloruro de calcio, en el caso de la apatita y de la fosforita, son atacados en frio, formando sales solubles, y por consiguiente se consigue una completa homogeneidad en la masa. Este abono, presentando á las plantas, al mismo tiempo que los fosfatos disueltos, una cantidad de nitratos de cal y de magnesia solubles, está en buenas condiciones de asimilacion. Tiene, sin embargo, el inconveniente de que su precio es siempre algo elevado, tanto á causa del valor del ácido nítrico, como por la mayor cantidad de combustible que se necesita para su completa desecacion. (Véanse los ensayos comparativos al final de la Memoria.)

En los mercados ingleses se encuentra el superfosfato al precio de 5 libras esterlinas y 10 chelines á 6 libras la tonelada, y el nitrofosfato á 6 libras 10 chelines.

Los ingleses aplican el nitrofosfato á ciertos cultivos especiales, entre ellos al de los nabos.

Productos artificiales. Compréndense en esta clase los huesos calcinados, las cenizas y otras materias.

Es indudable que el fosfato de cal de los huesos está en las mejores circunstancias para ser asimilado por los vejetales. Interpuesto entre un tejido orgánico se presenta bajo un estado de division que lo hace fácilmente atacable por los ácidos. Este estado de division subsiste cuando por efecto de la calcinacion se destruye toda la materia orgánica, quedando solamente la parte mineral, conservando la forma primitiva, pero presentándose sumamente ligero y poroso.

Los huesos calcinados circulan en los mercados ingleses á 5 libras esterlinas la tonelada por término medio para el uso de la agricultura. Otras veces son convertidos en superfosfato de cal en las mismas fábricas donde se sujeta el fosfato mineral á igual tratamiento, dando gran estima á las diferentes preparaciones conocidas con el nombre general de *dissolved bones*, que no son más que mezclas de huesos calcinados y ácidos minerales; cuyas mezclas presentan el fosfato de cal en parte disuelto y parte sin disolver.

Los huesos calcinados, lo mismo que el superfosfato que se obtiene con ellos, podrán ser un abono más rico en fosfatos que el obtenido por medio de los fosfatos minerales; pero si se atiende á que el estado á que se reduce por el tratamiento con los ácidos es igual para ambos; que los abonos se pagan con relacion á la cantidad real de fosfatos que contienen, y que ni uno ni otro dispensan del uso de los abonos nitrogenados, (véase pág. 234), veremos qué poca ventaja presentan los abonos obtenidos con los huesos calcinados sobre los obtenidos con fosfatos minerales.

Tambien se preparan de la misma manera los huesos crudos que contienen toda la parte de materia animal. Por 90 kilógramos de huesos pulverizados por medio de cilindros de hierro formados de discos dentados se emplean 15 kilógramos de agua, y despues de una maceracion de 24 horas se mezclan en una cuba con 25 á 30 kilógramos de ácido sulfúrico concentrado. Se deja que se desagreguen durante 4 ó 5 dias, y despues se deslien en agua y se emplean para irrigaciones; ó bien se añaden 40 kilógramos de carbon animal, el cual absorbe el esceso de líquido y de ácido, produciendo una mezcla que se puede esparcir en polvo. Dicha cantidad en forma sólida ó líquida, basta para 1 acre

de tierra ó sea 0,404 de hectárea, lo cual representa 222 kilógramos 7, de hueso por hectárea.

La agricultura usa muchas veces cenizas como abonos; y ciertamente cuando se aplican debidamente, es un método muy lógico, puesto que en las cenizas de un vegetal existen todas las sales que este habia robado al terreno. Las cenizas contienen sales solubles y sales insolubles; pero las insolubles están en un estado de division tal, que son atacadas fácilmente por los ácidos débiles y todos los agentes de disolucion, orgánicos é inorgánicos, que juntos actúan en el suelo.

¿Cabe nada más económico ni lógico, que el aprovechamiento del bagazo de la caña de azucar en un ingenio para el calentamiento, y el uso de las cenizas de aquel, para abonar las mismas plantaciones de caña?

Lo mismo diremos de las cenizas del orujo de la aceituna, despues que en los molinos se ha utilizado aquel como combustible para calentar el agua que se echa sobre la aceituna molida en el acto de prensarla.

Muchas veces se utilizan las cenizas lexiviadas procedentes sea como resíduo de la economía doméstica, sea de las jabonerías y fábricas de sal de sosa. Estas cenizas contienen poca ó ninguna cantidad de sales solubles, y su accion no será tan enérgica como la de las cenizas sin lexiviar; sin embargo, no por esto dejan de contener grandes cantidades de fosfatos y otras sales térreas, de fácil asimilacion en presencia de resíduos orgánicos.

En la quema de los rastrojos que se practica en la labor en grande, el objeto es destruir la parte orgánica de los mismos, la cual en ciertos paises secos tardaria en entrar en descomposicion, mientras que una vez quemada, los resíduos fijos de su combustion se presentan á la nueva semilla en las mejores condiciones; pudiendo admitir con Malagutti que todos los principios constitutivos de las cenizas son atacados por el agua saturada de ácido carbónico. Es verdad, sin embargo, que la quema del rastrojo tiene tambien por objeto modificar la superficie de la tierra, la cual por medio de esta lijera tostacion se desagrega, y de compacta que era, á causa de su naturaleza arcillosa, pasa á porosa y permeable á los agentes exteriores.

La quema ó tostacion del terreno, se verifica en algunos puntos de

España, especialmente en Cataluña y Valencia, formando pequeños montones de rama seca sobre el terreno, y cubriendo el monton con tierra, se pega fuego á esta especie de hornilla, y despues que se ha quemado la materia vegetal (que se trajo de otra parte, á más de las malas yerbas del mismo terreno) se esparce esta tierra carbonizada y mezclada con cenizas sobre el terreno. Esta operacion recibe en Francia el nombre de *ecobuage*. En ciertos puntos, por ejemplo en la provincia de Tarragona, las plantaciones de cañas que se hacen en las orillas de los rios y arroyos en terrenos fecundizados por las inundaciones ó avenidas de aquellos, forman un objeto de especulacion. Los propietarios de estos cañaverales venden todos los años grandes cantidades de haces para quemarlos sobre los campos. De este modo una parte de los fosfatos y sales térreas contenidas en el limo, las cuales trasportadas por las aguas irian á parar al mar, vuelven otra vez á los campos y pasan al organismo vegetal. Por medio de esta ligera tostacion las tierras arcillosas, que antes eran impermeables á los agentes atmosféricos y que solo podrian dar alguna que otra planta silvestre, se cubren de una capa permeable al aire y á la humedad; conteniendo porcion de principios minerales al estado asimilable, así como tambien algunos principios azoados procedentes de la combustion incompleta de las materias vegetales en el interior del monton. (Malagutti.) Además, las tierras quedan por este medio libres de todo gérmen de malas yerbas y de insectos, pudiendo producir cereales y otras plantas sin intervencion de otro abono.

Se ha tratado tambien de utilizar las escorias procedentes de los altos hornos y de las fraguas, cuyas escorias, siendo silicatos básicos con porciones de ácido fosfórico, que varian desde ligeros indicios hasta un 7 por 100 y aún más, son fácilmente descompuestas por los ácidos débiles. Para esto se aconseja mezclar las escorias reducidas á polvo con las materias fecales ó con los estiércoles, esparciéndolas todos los dias en cortas porciones sobre la cama de los animales; los excrementos líquidos serán absorbidos por la materia pulverulenta, fijándose de este modo los principios azoados con la menor pérdida posible.

Bajo el punto de vista económico, la pequeña cantidad de ácido fos-

fórico contenido en las escorias, no dará un aumento de producto que pueda compensar los gastos de pulverizacion de las escorias y preparacion del abono.

Finalmente, la agricultura aprovecha como abono los restos de conchas, mariscos y otros productos que el mar arroja sobre las playas; el fango que se saca con las dragas en las desembocaduras de los rios, y tambien el mismo limo ó cieno que dejan aquellos al desbordarse, estendiéndose sobre las vegas y fertilizándolas con despojos vegetales y animales que son arrastrados por las mismas aguas.

Todas estas materias más ó ménos ricas en fosfatos, se aprovechan en los puntos en que se tienen á mano, ó las presenta la naturaleza; pero no constituyen nunca abonos comerciales de uso general, por cuyo motivo no entraremos en detalles acerca de su aprovechamiento.

TERCERA PARTE.

Procedimientos para utilizar los fosfatos térreos en la produccion de cereales en la Península.

Despues de cuanto llevamos expuesto, seremos breves y concisos respecto de la segunda parte de la cuestion propuesta por la Academia, recorriendo ligeramente los párrafos de la segunda parte de esta Memoria para ver la aplicacion que pueden tener en nuestro pais cada una de las materias fosfatadas de que hablamos.

Estiercol.—Indicamos ya en la página 241 de qué manera, por medio del ganado, se devuelven á la tierra la mayor parte de las sales contenidas en los vegetales que han servido para su alimentacion; y dijimos tambien que si el ganado no recibe otro alimento que el que produce la misma tierra que se trata de abonar, lejos de aumentar en esta la cantidad de fosfatos, disminuirá por causa de la leche, el queso, la lana y otros productos que habrán pasado al comercio, además de las reses que tal vez hayan ido al matadero.

Tanto sobre este punto, como sobre la manera de producir y aprovechar los estiércoles, únicamente los conocimientos científicos son los que podrán guiar á los labradores para reponer debidamente en la tierra la cantidad de elementos minerales que las cosechas y los ganados le robaron.

En la labor en grande, sobre todo en los extensos cortijos de Andalucía, no pueden disponer de suficiente cantidad de estiércoles para los ce-

reales, por cuya razon abonan solamente la tierra que se siembra de habas.

Las tierras se llevan á *tres hojas*, sembrándose cada tres años de trigo sobre *barbecho de reja*, es decir, sin abonos (véase pág. 242); por este medio solo se produce de 7 á 15 por 1 en terrenos cuya feracidad es proverbial (1); mientras que se recoje 20 y aun más por 1, tanto en Andalucía como en Castilla, cuando se abonan las tierras turnando en pedazos segun alcanzan los abonos, hasta que toda la tierra haya recibido su parte, lo cual tarda más ó ménos años segun la cantidad de abonos que se producen: regularmente este período es de 5 años, durante los cuales cada trozo ha dado tres cosechas. Como se ve, por este método se trabaja una quinta parte más de terreno que por el sistema de *año y vez*, segun el cual la tierra se siembra un año y se barbecha otro.

La tierra que está en barbecho se siembra en algunos sitios de habas, garbanzos, muelas y otras semillas. Se necesitan conocimientos científicos muy exactos para determinar la clase de semillas que conviene á los barbechos, á fin de que el producto de la planta recogida en estos no sea en perjuicio de los cereales que se siembren despues; es decir, que aquellos no estraigan de la tierra fosfatos térreos y otros elementos minerales que necesitan los cereales.

---

(1) Los ingleses, que no escasean ni los gastos de mano de obra ni los de abonos y estiércoles, han llegado á producir hasta 50 hectólitros de trigo por hectárea, lo cual equivale á 58 fanegas de trigo por fanega de tierra; pero el término medio de la produccion general es 38 hectólitros ó sea 41 fanegas de trigo por fanega de tierra. Cuando se compara esa produccion con la que en España se obtiene, cuyo término medio será 8 fanegas de trigo por fanega de tierra en la mejor zona del mundo, no puede ménos de decirse que nuestra agricultura necesita aumentar las fuerzas artificiales de la produccion, y emplearlas en superficies más pequeñas, para de ese modo cultivar mejor, obtener más producto bruto, mayores masas de materias alimenticias y más baratas que las que hoy resultan del afan de distribuir pocas fuerzas en grandes estensiones de terreno. (*Hidalgo Tablada.*)

El párrafo anterior hace relacion especialmente á las grandes labores de Andalucía.

Esto nos conduce á la teoría de la alternativa de las cosechas. Es un hecho conocido desde muy antiguo, que la tierra deja de producir buenas cosechas, cuando en ella se cultiva con persistencia la misma planta. La tierra que siempre se cultiva de cereales, deja al fin de producirlos ó los produce en cantidad insuficiente; pero si se alterna con el cultivo de ciertas plantas, no hay necesidad que la tierra descanse, y puede producir diversas cosechas sucesivas. Siendo distinta la relacion de los principios minerales contenidos en las plantas, cada una debe extraer de la tierra el principio más adecuado para su desarrollo, reduciendo así la cantidad que en estado libre existe sobre el terreno.

Poco diremos acerca de las diversas teorías que se han dado para explicar la accion de la alternativa de las cosechas; y si bien la forma de las raices, segun sean perpendiculares ó fibrosas y sub-horizontales, puede influir, segun Rozier, en el buen éxito de dicha alternativa, nos concretaremos á establecer que la regla que debe presidir en esta, estriba en comprobar la relacion existente entre los principios que las cosechas extraen de la tierra, y los que por medio de los abonos se le devuelven.

Sabida es la division que se hace de las plantas en esquilmantes y fertilizantes. Estas últimas, al desarrollarse, extraen de la atmósfera mayor cantidad de principios orgánicos que las otras. En cuanto á los principios inorgánicos que directamente suministra la tierra, se comprende desde luego que los vegetales en cuyas cenizas predomine la cal, no podrán cultivarse contínuamente si no se da lugar á que pase aquella durante el barbecho al estado asimilable, ó si no se repone por medio de abonos. Una vez consumido el principio calizo asimilable, puede quedar predominando el alcalino, el fosfatado ó el silíceo, y en tal caso vendrá perfectamente el cultivo de aquellas plantas en que preponderen dichos principios.

El éxito de la alternativa depende, pues, de la diversa composicion química de las plantas, y de las diferentes exigencias de su nutricion; siendo indispensable tener exacto conocimiento de la composicion química del terreno, y de las cenizas de los vegetales que se van á sembrar. (Véanse las analisis al fin de la Memoria.)

La alternativa de cosechas puede hacer más productiva la tierra; pero tarde ó temprano es preciso reparar el agotamiento de ciertos principios, y sostener la fertilidad del terreno por medio de abonos. El labrador guiado por los conocimientos científicos, procurará producir la mayor cantidad posible de abonos, no desperdiciando ningun producto que pueda ser de utilidad para la tierra; disponiendo y aplicando los estiércoles de manera que produzcan el máximum de efecto útil, y teniendo en cuenta la cantidad en metálico que prudentemente puede invertir en la compra de estiércoles y otros abonos procedentes de distintas tierras que las suyas.

Los labradores de las cercanías de algunas poblaciones de España recojen y aprovechan la basura, barreduras y demás desperdicios procedentes de los grandes centros de poblaciones; si bien es verdad que la cantidad de dichas materias, ricas en despojos vegetales y animales, que puede recogerse, se dedica más bien para el abono de las huertas y para el cultivo en pequeño, que para la produccion de cereales en grande escala.

De todos modos, en los bandos de buen gobierno de las corporaciones municipales, debe facilitarse el recoger dichos desperdicios de la poblacion para que puedan aplicarse á poco coste para abonar las tierras.

Materias fecales.—La observacion que hemos hecho antes, debe aplicarse tambien á la extraccion de las materias excrementicias de los pozos negros, adoptándose en las grandes poblaciones cuantas medidas faciliten la extraccion y aprovechamiento de dichas materias.

Sin embargo de que la crisis profetizada por Liebig (véase pág. 244) está todavía muy remota, la sana lógica aconseja no desperdiciar materia alguna que pueda devolver al campo los fosfatos y demás sales térreas que se han asimilado los vegetales. Así pues es conveniente fomentar por cuantos medios sea posible la utilizacion de dichas materias en los puntos en donde su uso no es bien conocído; impidiendo por el contrario todo monopolio en los puntos en donde los campesinos buscan dichas materias con ahinco, y saben sacar partido de ellas.

Cuando las materias excrementicias no se aprovechan en el mismo punto en que se producen, es conveniente convertirlas en *femta* ó *poudrette*. (Véase pág. 245.) Cualquiera que sea el método que se siga para la fabricacion de este abono, es indudable que contiene siempre la cantidad total de fosfatos térreos que constituyen el resíduo de nuestra alimentacion, cuyos fosfatos se encuentran en buenas condiciones para ser asimilados. La fabricacion de este abono se puede plantear sin grandes desembolsos en todas las grandes poblaciones de España; y si bien es verdad que seria más lógico emplear las materias excrementicias tales cuales se extraen de los pozos negros segun la práctica usada en Cataluña, tambien lo es que en este estado no pueden usarse más que á poca distancia del punto de su produccion, no constituyendo un abono comercial de fácil empleo en el cultivo en grande, como la *femta*, la cual, estando bien preparada, no es posible que tenga el inconveniente que algunos atribuyen á los líquidos excrementicios, cual es, el comunicar mal olor á las plantas.

Los impugnadores del uso de los abonos excrementicios dicen que estas materias no influyen más que en una sola cosecha, y que muchas veces deja de sentirse su influencia antes que el vegetal haya llegado á su completo desarrollo. La química tiene medios para atenuar, si no remediar, este inconveniente, agregando á las materias excrementicias sustancias que fijen y retengan las sales amoniacales, y deteniendo por consiguiente la descomposicion de la materia orgánica que durante la primera época de la vegetacion produciria un desarrollo demasiado rápido en el vegetal, dando productos que al principio presentan buen aspecto en perjuicio de los órganos que han de desarrollarse en la última época de su vegetacion.

Los valencianos hacen hoy dia un uso constante de la *femta*, pagándola á 14 reales quintal y aún más: despues de mezclada con cierta porcion de tierra, la echan á voleo sobre el suelo, despues de la sementera, pasando inmediatamente la grada. Para los arrozales, la esparcen sobre el agua despues de la última reja, siendo indispensable en este caso dejar el agua estancada hasta que el abono se empape y se precipite al fondo. La *femta* llamada de invierno es preferible á la de verano, por

causa de la gran cantidad de semillas de frutas que contiene esta última, las cuales crian malas yerbas.

Guano.—Conocida su naturaleza, los efectos que produce y la manera de moderar hasta cierto punto su influencia damasiado pronta sobre los vegetales (véase pág. 245), solo nos resta decir cuatro palabras acerca de su procedencia.

Las primeras extracciones de guano de las islas Chinchas, en 1841, vinieron á apaciguar algun tanto el ánimo de los que preveyendo el dia en que los fosfatos desaparecerian de la superficie de la tierra, creian que podría llegar á ser imposible de todo punto la existencia de los séres organizados sobre el globo. A pesar de esto, Liebig, en su célebre carta citada en la pág. 244, considerando como único punto de exportacion del guano la América del Sur, teme que si el consumo de dicha materia va aumentando en lo sucesivo con tanta rapidez como hasta aquí, dentro de 20 á 25 años la América del Sur no tendrá guano suficiente para cargar un buque.

Las islas del guano del mar Pacífico llamadas de Chincha y de Lobos, fueron examinadas por B. H. Wilson, cónsul inglés en el Perú; deduciéndose de este exámen que la principal de Chincha contenia 17 millones de toneladas, y 20 ó 25 millones las de todo el grupo de ellas. Los depósitos de las islas de Lobos, si bien no tan abundantes como los del grupo de Chincha, no dejan de ser considerables.

Se han encontrado, además, depósitos de guano en otros varios puntos del globo, como en Chile, en la Patagónia, en la bahía de Saldanha, en algunos islotes de la costa de Africa, y en la California, de donde lo importan en gran cantidad los ingleses, presentándolo al comercio con una ley de 50 á 60 por 100 de fosfato de cal.

A fin de proveernos en la península de esta preciosa sustancia, y para que lejos de escasear en nuestros mercados se presente por el contrario barata y abundante, es de suma importancia suscitar la cuestion de pertenencia de las referidas islas.

Los primitivos habitantes del Perú usaban ya el guano; y no ha dejado de usarse nunca en aquellas comarcas. El Gobierno de dicha república, apoderándose de aquel tesoro descubierto por D. Jorge Juan y

D. Antonio Ulloa, ejerce un monopolio sobre dicha materia, haciendo pagar una cantidad exhorbitante por cada tonelada que se extrae.

La legitimidad del dominio que el Perú ejerce sobre las islas de Chincha y de Lobos es muy cuestionable, habiendo poderosas razones para creer que jamás han dejado de pertenecer á España. Hé aquí un extracto de un interesante artículo que acerca de este particular vió la luz pública en «La España,» periódico de esta Corte.

«¿En qué puede fundar el Perú la legitimidad de su dominio en los grupos de Chincha y Lobos? ¿Acaso en las leyes de la conquista? Pero es el caso que jamás se disparó en esas islas un solo tiro, ni hubo nunca habitantes; por consiguiente mal pudieron sublevarse. ¿En una venta? Pero como nosotros somos los verdaderos propietarios, y no nos las han comprado, claro que no descansa en esto su dominio. ¿Se los habrá, por ventura, legado algun arreglo diplomático? Tampoco, porque los dos únicos que con aquel pais hemos intentado, han venido á tierra; y porque aun cuando otro lo hubiese estipulado con la república peruana, seria nulo, pues nadie tiene derecho á disponer de una cosa sin consentimiento de su dueño.

» Y fuera de este terreno legal, ¿cómo puede pretender esa república, careciendo de poderío naval y de marina mercante, el dominio de unas islas que, como la más Afuera de Lobos, distan cincuenta millas de la tierra peruana?

»El único fundamento del disfrute, ó más bien explotacion de hecho de esas islas, no es otro que el haber olvidado España, por causa de las guerras y revueltas por que ha pasado en lo que va de siglo, que era dueña de un tesoro cobijado en varios peñascos que baña el Pacífico. Mas, así como las pasadas calamidades le produjeron ese olvido, el estado de bienandanza en que comienza á verse, debe inducirla á plantar en aquellos sitios, jamás ganados á España, su bandera; pues obrando de este modo, no haria otra cosa que ocupar lo que es suyo, y por consiguiente no podria sobrevenirle dificultad alguna por parte de las otras naciones marítimas.

» Téngase presente que el derecho de los paises no caduca por sí al cabo de cierto número de años, como el de los indivíduos en particu-

lar; y que esas mismas naciones, lo mismo que el resto de Europa y América, nos agradecerian que tomásemos posesion de las mencionadas islas, pues liberalizariamos en los términos dichos la estraccion del guano, y todos podrian usarlo á precio muy arreglado.»

Además de este depósito podríamos surtirnos de guano barato y en abundancia: indicaremos los depósitos que existen en los Cayos de los Jardinillos en nuestra isla de Cuba. El brillante informe que D. Alvaro Reynoso presentó en setiembre de 1858 al Capitan General de aquella isla, dió á conocer que España tenia en sus dominios un tesoro como el del Perú, y tal vez mejor. En efecto, el guano de los Cayos del Sur, comparado con el guano del Perú, es superior respecto de los efectos que puede producir el fosfato: el primero contiene hasta 62 por 100 de dichas sales, mientras que el del Perú encierra solo por término medio un 24 por 100: las materias orgánicas y sales amoniacales guardan, por el contrario, una relacion inversa, conteniendo el guano del Perú hasta un 50 por 100, mientras que el de los Cayos solo contiene un 10 por 100. Si bien es cierto, dice Reynoso, que el guano fosfatado de los Cayos, usado solo, no producirá el primer año un aumento de cosecha tan considerable como el que se notaria empleando el guano del Perú, no es ménos cierto que el aumento se reproducirá por más tiempo, sin ocasionar la esterilizacion del terreno tan inmediatamente como lo haria aquel. Además, como el elemento útil del guano fosfatado es fijo, y bajo cierto punto de vista insoluble en el agua, está por lo mismo destinado á permanecer más tiempo en el terreno, y á ser asimilado muy paulatinamente por el vegetal.

Convendria, pues, que el Gobierno mirase la cuestion de importacion del guano á la Península con el interés que se merece, á fin de que, generalizándose el uso de esta materia conforme á las buenas reglas prescritas para impedir que las tierras se esquilmen, aumente la fertilidad de las nuestras con guano procedente de posesiones españolas.

Huesos.—En España, lo mismo que en las demás naciones, hay en agricultura prácticas inveteradas que se siguen empíricamente; siendo muy difícil de lograr el que los labradores, faltos muchas veces de conocimientos científicos, adopten las prácticas modernas, por no com-

prender la importancia de las innovaciones que se introducen. Así es que mientras la Inglaterra recibe cargamentos de huesos de todas partes del mundo, otras naciones los exportan como materia inútil. Entre estas últimas naciones debemos contar desgraciadamente la España.

Segun el anuncio estadístico de 1859 á 1860, en 1858 se exportaron por las aduanas del reino 141.996 arrobas de hueso, dato que, aunque oficial, nos parece defectuoso, puesto que podríamos citar una capital de provincia que por sí sola exporta anualmente 10.000 quintales por término medio.

Todos los huesos que salen de España van para el puerto de Hull. en Inglaterra, desde donde se reparten á los diferentes puntos de la isla.

No se comprende cómo el Gobierno español no ha puesto coto á este comercio, sobre todo despues de las reclamaciones que hubo por parte de los valencianos, interesados en la adquisicion de abonos baratos.

No es necesario que volvamos á poner en evidencia los desastres que puede ocasionar en un pais productor de cereales, como España, que exporta todos los huesos que produce. Agréguese á esto que la cantidad no es insignificante, y que los ingleses los pagan bien para despertar la codicia de los vendedores. Así una tonelada de huesos desde uno de los puertos del Mediodía de España al puerto de Hull en Inglaterra, cuesta de flete de 25 á 30 chelines, y despues de estos y otros gastos quedan libres para el exportador de 15 á 20 rs. por quintal.

Creemos, pues, conforme á las teorías admitidas hoy dia, que en ningun pais culto y que desee que progrese su agricultura, debe permitirse, bajo ningun concepto, la extraccion de huesos, materia que consideramos como el abono fosfatado por excelencia.

Se nos dirá, que prohibir la extraccion de huesos no es obligar á los labradores á emplearlos: recordaremos, sin embargo, algunos hechos que, si no destruyen completamente dicha objecion, por lo ménos atenúan en gran parte su fuerza.

Sucede á menudo que los resíduos de muchas industrias y otras materias, al parecer inútiles, se van acumulando en determinados puntos formando masas enormes. Llega un dia en que esta cantidad de

materia despierta la codicia de algun especulador, el cual, dándole otra forma, establece con dicha materia una nueva industria, ocupando cierto número de brazos, y dando valor y aplicacion á lo que antes constituia un resíduo inútil y embarazoso.

En Madrid, por ejemplo, hasta el año de 1853 ó 54 todos los caballos muertos se depositaban en unas hoyas distantes de la poblacion. En estos focos de inmundicia se establecieron unos pobres jornaleros, los cuales, despues de desollar los caballos para aprovechar la piel, los descuartizaban y los hacian hervir en unas mal dispuestas calderas, por cuyo medio extraian la grasa, sirviéndose de los mismos huesos como combustible. La carne cocida servia de pasto á las aves de rapiña, ó era devorada por los perros: los huesos medio quemados se despreciaban. No faltó quien conociera que podria sacarse mayor producto de estos desechos animales, que pronto fueron la base sobre la cual se instaló en Chamberí una fábrica de un abono, el cual se llamó *guano artificial*.

Si examinamos el orígen de la fábrica de negro de huesos, sales amoniacales y abonos que existia hace pocos años en los alrededores de Barcelona, veremos que en un principio no tuvo más objeto que el aprovechar los huesos de los animales que se depositaban en un punto determinado.

En Sevilla sucedió otro tanto que en Madrid. El aprovechamiento de la inmensa cantidad de huesos acumulada en algunos puntos, dió orígen á una fábrica de abonos artificiales bien conocidos hoy dia entre los valencianos.

En Valladolid y en otras poblaciones de España encontrariamos ejemplos iguales, que nos manifestarian que nuestro pais no está tan atrasado, ni es tanta la desidia de los españoles que deje perderse una sustancia que tan útil es para la agricultura. Pero, cuando el comerciante exportando los huesos tiene una ganancia segura en un negocio que se reduce á una simple operacion aritmética, el industrial no aventura tan fácilmente tiempo y capitales en instalar una fabricacion por reducida que sea, y el labrador no encuentra dicha materia primera.

Prohíbase la exportacion de los huesos, y bien pronto se presentarán industriales que los aprovecharán; y los buques que ahora vienen en

lastre de algunos puntos de Ultramar, nos traerán los huesos que ahora venden á los ingleses.

En cuanto á la manera de usar este abono en la agricultura, el medio mejor seria emplearlo al estado de disolucion *(disolved bones)*. (Véase pág. 260.) Liebig, en su tratado de química orgánica, recomienda ya las irrigaciones con los líquidos procedentes de las fábricas de gelatina de hueso, los cuales no son más que una disolucion de las sales térreas de los huesos en el ácido clorhídrico.

Los ingleses preparan superfosfatos y nitrofosfatos, tanto con huesos crudos como calcinados.

Los huesos crudos reducidos á polvo en máquinas á propósito, constituyen por sí solos un excelente abono fosfatado. En sus compras los prefieren enteros ó en suerte más bien que pulverizados, para evitar los fraudes, reduciéndolos despues á polvo fino ó simplemente á fragmentos menudos *(half inch)*, en cuyo estado los estienden en los campos (1).

Resíduos de algunas industrias, y abonos artificiales. Los huesos crudos y pulverizados forman la base de muchos abonos comerciales. La asimilacion del fosfato se acelera mezclando con los huesos carne seca y pulverizada, sangre, materias fecales y otros desechos animales azoados, conforme á lo que dijimos en la pág. 247.

La fabricacion de esta clase de abonos debe estimularse en lo posible por el Gobierno, impidiendo la extraccion de huesos y otras materias primeras; y tambien por las ordenanzas municipales, permitiendo en las grandes poblaciones utilizarse de sus desperdicios, y evitando bajo todos conceptos el monopolio.

En cuanto á los resíduos de algunas industrias, despues de cuanto llevamos expuesto, únicamente insistiremos en el uso del carbon animal

---

(1) En el mercado de Londres tienen los siguientes precios:

Huesos enteros.....	libs. esterlinas	5	á 5.	10 sh. tonelada.
Id. quebrantados (*crusch*).	id.	6,5 sh.		
Id. disueltos (*disolved bones*).....	id.	6,10 sh.		
Carbon animal (70 °/₀ de fosfato).	id.	4,10 sh. á 5		
Huesos calcinados.....	id.	5		

resíduo de las refinaciones, que aun cuando en España su uso es casi desconocido, debe, sin embargo, evitarse tambien su salida.

En la Bretaña el comercio del carbon de hueso, resíduo de las refinaciones, da todos los años orígen á un movimiento de muchos millones. En Nantes, en donde está establecido el mercado, desde 1843 á 1852 entraron 164.950.674 kilógramos, tanto del mismo pais como del extranjero.

El efecto útil que produce el carbon de refinacion en los abonos de que forma parte, se debe al fosfato que contiene; siendo muchas veces insignificante la cantidad de azoe que encierra. Por cuyo motivo la mejor manera de usar esta materia, consiste en mezclarla con materias excrementicias, cuya desecacion acelera, al propio tiempo que las desinfecta.

El valor del carbon de hueso, lo mismo que el de los abonos artificiales, cuya composicion es variable, depende de la cantidad de fosfato y de nitrógeno que contiene.

En Francia se pagan los abonos artificiales á razon de 15 francos por cada 100 kilógramos de fosfatos que contengan, y 2 francos 70 céntimos por cada kilógramo de nitrógeno. Los agrónomos ingleses creen que el labrador no debe pagar más que á razon de 25 céntimos el kilógramo de fosfato, y solamente 1 franco y 25 céntimos el kilógramo de nitrógeno. No es fácil determinar desde luego con exactitud el precio á que nuestros labradores podrian pagar el nitrógeno y los fosfatos de los abonos, pues esto depende de circunstancias locales que en la actualidad seria aventurado apreciar.

Convendria de todos modos que el Gobierno, ó las municipalidades de aquellos puntos de la Península en donde se hace más consumo de abonos comerciales, establecieran un perito químico ó inspector de abonos, á semejanza de los que existen en varios departamentos de Francia, con el objeto de determinar el verdadero valor de los abonos comerciales que se expenden á los labradores.

Abonos minerales.

Vista ya la influencia que puede tener sobre la vegetacion la pequeña cantidad de fosfatos que accidentalmente acompañan á la cal y á las margas que se usan para *mejorar* ciertos terrenos (véase págs. 249 y 250), así como tambien los que forman parte de las cenizas, escorias y otros productos que en determinadas circunstancias se aprovechan como abonos (véase págs. 260 y 265), pasaremos á tratar del uso que en la Península podemos hacer de los fosfatos minerales.

Prescindiendo de la pequeña cantidad de fosfato que en algunos puntos de España se encuentra al estado de apatito (véase pág. 220), y no habiéndose hecho, que sepamos á lo ménos, trabajo alguno para descubrir depósitos de fosfato fosil, nódulos ó coprolitos, veamos si es posible utilizar de una manera económica la fosforita de Logrosan para la produccion de cereales en la Península.

La composicion de este mineral, segun varios análisis que hemos practicado, es por término medio la siguiente:

Fosfato de cal.....	80,09
Fluoruro de cálcio.....	14,06
Oxido férrico.....	3,15
Acido silícico..	2,64
Magnesia y pérdidas.....	0,06
	100,00

Es muy cierto que atendida la naturaleza puramente mineral de la fosforita de Logrosan, no puede aplicarse directamente á la agricultura, y que solo al estado de superfosfato ó de nitrofosfato puede utilizarse con ventaja. Demostrada hoy teórica y prácticamente la influencia que tiene en este estado sobre los vegetales, únicamente hay que tratar de

la parte económica. Hemos dicho en la pág. 251, que los ingleses exportan para su pais grandes cantidades de fosforita de Extremadura, la cual pagan en Inglaterra á 5 libras esterlinas la tonelada, precio al cual únicamente tiene cuenta tomándola en Ayamonte ó en Sanlúcar de Guadiana, y conduciéndola como lastre.

Situado el criadero de Logrosan en un punto en donde no hay más que caminos de herradura, es preciso trasportar el mineral á lomo hasta Trujillo, poblacion distante seis leguas de Logrosan, pudiendo ir desde dicho punto por la carretera real á Badajoz. En el caso de querer establecer depósito ó fábrica para preparar esta materia en algun punto de Andalucía, seria preciso llevar el mineral á lomo hasta Mérida, desde cuyo punto podria ir por la carretera hasta Sevilla.

A la dificultad de los medios de comunicacion y trasporte de la fosforita, hay que agregar los gastos indispensables para trasformarla en superfosfato; cuales son, el valor del ácido sulfúrico, mucho mayor que el que tiene en Inglaterra, el cual, junto con el gasto de mano de obra y el interés del capital invertido en la fabricacion, vendria á dar al abono preparado un valor que lo haria inútil para nuestros labradores.

No seria así si hubiera otros medios más baratos de comunicacion y trasporte, y si además en algun punto de la provincia de Huelva, inmediato á Ayamonte, se estableciera la fabricacion del ácido sulfúrico, empleando como materia primera las piritas cobrizas, tan abundantes en dicha provincia, y que en tan gran cantidad se exportan anualmente para Inglaterra, en donde aprovechan el azufre que contienen para la fabricacion de dicho ácido. Esto, que daria á la agricultura una gran cantidad de abono fosfatado al mismo precio á que les resulta á los ingleses el superfosfato, tendria para el pais la doble ventaja de emplear cierto número de brazos, é impedir la exportacion de una cantidad de mineral. La fabricacion del superfosfato seria sumamente barata, no solamente por la abundancia de las primeras materias, sí que tambien por la circunstancia de poder emplear el ácido sulfúrico tal como sale de las cámaras de plomo, ó por lo ménos despues de concentrado hasta 60° en calderas de plomo. El resíduo de la combustion de las pi-

ritas se aprovecharia para la extraccion del cobre, sea exportándole á Inglaterra, para lo cual presentaria la ventaja de haber aumentado de ley y disminuido en peso, sea beneficiándolo por cementacion, lo cual seria fácil por hallarse dicho resíduo en las mejores condiciones para sulfatarse prontamente.

No dudamos que tarde ó temprano se realizará este proyecto, para lo cual contribuirá tal vez la fábrica de productos químicos que está estableciendo Mr. Piquet en Gibralcon, en la cual se trata de obtener el ácido sulfúrico por medio de las piritas cobrizas, y aplicarlo á la obtencion de la sosa artificial y de otros productos.

Dado este primer paso, lo demás depende de la facilidad y baratura en los medios de comunicacion y trasportes: sin esto nada puede hacerse. Hoy dia un quintal de fosforita trasladado desde Logrosan á los centros de produccion de Estremadura ó de Andalucía resulta á un precio muy subido, pues los únicos medios de trasporte son las pesadas galeras que van desde Badajoz á Madrid ó á Sevilla.

Al precio á que hoy resulta este mineral puesto en el embarcadero, es todavía solicitado por los ingleses, que no escasean gasto alguno para procurarse abonos fosfatados (1).

Si algun dia la fosforita de Logrosan puede adquirirse barata en los puntos en donde haya fabricacion de ácido sulfúrico, y hay comunica-

---

(1) Es preciso tener en cuenta lo que dijimos en la nota de la pág. 256, relativamente á lo que los ingleses hacen producir por término medio á una hectárea de terreno.

Contínuamente se ven en los periódicos andaluces anuncios como el siguiente, que se ha visto repetido diariamente por espacio de mucho tiempo.

«Una casa inglesa de las más respetables, quisiera hacer un arreglo con otra casa de primer orden de España ó Portugal, para recibir de ella cantidades considerables de fosfatos estremeños, sea en calidad de consignacion ó de otro modo, y puestas franco á bordo en España ó Portugal. La casa inglesa mandaria en cambio azufre para los vinos y otros productos químicos á propósito para los mercados de España ó Portugal. Se harán adelantos sobre todas las consignaciones. Se pueden dar las mejores referencias. Dirigirse á J. J., Case of Mrs. Petsch y Comp. 18 Fenchurch Street, London, E. C.»

ciones expeditas con los centros agrícolas, despues de convertirla en superfosfato será conveniente neutralizarla, siempre que se tengan á mano materias propias para este objeto, como son, cenizas, polvo de hueso, materias orgánicas, etc. (Véase págs. 247 y 259.)

Los franceses han encontrado en estos últimos años una porcion de depósitos de fosfatos fósiles, y una de las personas que más han contribuido á este hallazgo es Mr. Demolon. Este químico, que antes se habia propuesto vulgarizar el uso de los fosfatos contenidos en los despojos de los peces (véase pág. 249), sentó la atrevida hipótesis de que los fosfatos no utilizados por los vegetales debian de haber penetrado en las profundidades del suelo; en donde una de dos, ó debian permanecer al estado líquido, si la corriente de las aguas no los habia arrastrado hácia el mar, ó bien encontrando sustancias alcalinas se habian reconstituido y concretado en forma de nódulos. Demolon practicó repetidas operaciones de escavacion y sonda con el objeto de ver comprobada su teoría; y lo cierto es que, por lo ménos, con sus trabajos *descubrió abundantes depósitos de fosfatos fósiles, cuya importancia sobrepuja á la de la hulla.* (Memoria leida en la Academia de Ciencias de París en 5 de enero de 1857.)

Gracias á este descubrimiento se tiene hoy dia esta materia en París al precio de 6 francos 90 céntimos los 100 kilógramos, que viene á ser próximamente 12 rs. el quintal.

De desear seria que se practicaran en España reconocimientos geológicos para encontrar fósfatos fósiles que pudieran aplicarse directamente á la agricultura. En la actualidad únicamente podrian promoverse estos reconocimientos por medios oficiales, puesto que la mayoría de nuestros labradores probablemente no verán la importancia y la trascendencia de esta cuestion. Cuando los conocimientos científicos adquiridos en las *escuelas agrícolas, que tanta falta hacen en España*, les convencieran de la importancia de los fosfatos fósiles para la agricultura, entonces tal vez los buscarian por su cuenta, y pronto se presentaria esa multitud de buscadores de minas, infatigables, que pululan en ciertas provincias de España, y probablemente no pasaria mucho tiempo sin que se descubrieran criaderos de fosfato fósil.

Estos fosfatos de orígen puramente orgánico, como el *crag* de Suffolk y de Norfolk en las costas orientales de Inglaterra, como el *falun* empleado hace mucho tiempo como abono en la Touraine, como el *tun* de los alrededores de Lille, y como otros depósitos de restos fósiles y coprolitos, no necesitarian tantos gastos de preparacion como los fosfatos puramente minerales (véanse págs. 252 y 253).

En cuanto á la cantidad de fosfato que debe emplearse para abonar una tierra, hay que tener en cuenta, primero: la naturaleza y composicion del suelo; y segundo, la cantidad de fosfato que se llevan las cosechas: con estos datos, y sabiendo además la cantidad real de fosfato contenido en el fosfato fósil que se emplea como abono, será fácil calcular la cantidad de materia que hay que esparcir sobre una superficie dada, para que esta produzca una cosecha abundante. Propongámonos un ejemplo. Supongamos que en una estension de terreno hemos sembrado 1 fanega de trigo, y hemos recogido 20. Si este trigo pesa 90 libras por fanega, podemos suponer que el trigo recogido ha dado 1800 libras de grano y al mismo tiempo 7200 libras de paja. Admitamos que el grano de trigo incinerado deja un resíduo fijo de 6,97 por 100, dejando la paja en iguales circunstancias 2,41 por 100 de un residuo de igual naturaleza. Si suponemos ahora que se incinera toda la cosecha, obtendremos por un lado 125,46 libras de ceniza procedente del grano, y 175,52 procedente de la paja por otro. Como las cenizas del grano contienen, segun Boussingault, 49,21 por 100 de ácido fosfórico, y las de la paja 4,08, tendremos que las 125,46 libras de cenizas procedentes del grano representan 61,74 libras de ácido fosfórico, y las 175,52 libras de ceniza procedentes de la paja contienen 7,08 del mismo ácido; siendo por consiguiente la cantidad total de ácido fosfórico contenido en la cosecha 68,82 libras. De esta cantidad es preciso deducir 3,08 libras, que es el ácido fosfórico que debemos suponer que existia en la fanega de sembradura; quedando por consiguiente 65,75 libras que representan el ácido fosfórico que se ha extraido de la tierra con una cosecha.

Supongamos ahora, que para devolver á esta tierra todo el ácido fosfórico que se le ha extraido, tenemos á nuestra disposicion un abono

ó un fosfato fósil que contiene un 50 por 100 de fosfato de cal tribásico ($3Ca\ O, Ph\ O^5$) asimilable, que corresponde á un 25 por 100 de ácido fosfórico: una simple proporcion geométrica nos da directamente la cantidad de dicho abono ó fosfato fósil que habrá que emplear, la cual será de 142,89 libras; advirtiendo, sin embargo, que estando el abono en buenas condiciones, un esceso de fosfato de cal no perjudicará en nada á la cosecha.

Terminaremos nuestro trabajo resumiendo en pocas palabras cuanto llevamos expuesto.

Respecto de la influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion.

1.° La influencia de los fosfatos sobre las plantas es hoy un hecho reconocido por la ciencia. Dichas sales son absorbidas al estado de disolucion por las raices del vegetal, siendo indispensables para el completo desarrollo de ciertos órganos.

2.° Los fosfatos térreos que existen en los abonos orgánicos, están en las mejores condiciones para ser asimilados por las plantas. La materia orgánica que los acompaña, facilita su asimilacion.

3.° Muchos fosfatos fósiles, que se encuentran en el reino mineral, pero cuyo orígen es orgánico, pueden usarse directamente como abonos. La asimilacion de estos fosfatos se acelera, sea convirtiéndolos en fosfatos solubles por medio de los ácidos minerales, sea mezclándolos con materias orgánicas.

4.° Los fosfatos térreos de orígen puramente mineral, solo despues de preparados por medio de los ácidos pueden producir efectos notables sobre la vegetacion.

Respecto de la manera de utilizar los fosfatos térreos para la produccion de cereales en la Península.

1.° Es indispensable, ante todo, difundir los conocimientos científicos entre las clases agrícolas para que sepan apreciar debidamente el valor y la necesidad de los abonos. Solo se conseguirá esto con escuelas de agricultura implantadas en los mismos centros productores.

2.° Debe prohibirse á toda costa la exportacion de huesos y otros despojos orgánicos que procedan del suelo español; procurando y facilitando además, la adquisicion de grandes cantidades de guano y otros abonos procedentes de tierras extrañas.

3.° Facilitar y proteger la fabricacion de abonos artificiales y el aprovechamiento de todas las materias y resíduos fosfatados.

4.° En cuanto al aprovechamiento de la fosforita de Logrosan y de otros fosfatos minerales que existan en la Península, solo tendrá lugar cuando, despues de conocida por los labradores la necesidad de aprovecharlos, haya vias de comunicacion expeditas y medios de trasportes baratos, á fin de que puedan trasladarse estas materias á los puntos en donde puedan prepararse convenientemente.

CUARTA PARTE.

Documentos que se citan en la pág. 251.

En la sesion de Córtes del 12 de junio de 1857, el Sr. D. Claudio Moyano, entonces Ministro de Fomento, competentemente autorizado por el Gobierno de S. M., presentó á las Córtes el proyecto de ley que á continuacion copiamos. Segun dicho Ministro, la noticia de la existencia de la fosforita de Logrosan la habia recibido pocos dias antes por conducto del Excmo. Sr. Duque de Valencia, «quien á su vez la habia »recibido del extranjero por persona muy autorizada. Casas respetables »inglesas, dijo, estaban dispuestas á adquirir las minas de Logrosan, »no solo por la aplicacion que allí se hace de sustancias parecidas, como »es la apatita, sino porque estas ricas minas, que han estado por espa»cio de muchos años dando grandes resultados á la agricultura inglesa, »se hallan tocando á su término. Por esta razon y con relacion á dichas »casas inglesas, escribian al Sr. Duque de Valencia, que estaban dis»puestas á dar algunos cientos de millones por estas riquísimas minas; »siendo por consiguiente más que bastante para hacer la fortuna del »particular que se anticipara á hacer las correspondientes denuncias.»

El Ministro de Fomento dispuso que inmediatamente y con la mayor reserva se trasladara una persona activa, inteligente y de toda confianza, nombrando á D. Ramon Torres Muñoz y Luna, catedrático de ampliacion de química en la Universidad central, quien dió cuenta al Gobierno en una estensa y razonada memoria sobre estas, al parecer, riquísimas minas.

En el preámbulo que antecede al proyecto, se consignan las siguientes palabras: «*Experimentos químicos han venido á demostrar última-*

mente la poderosa eficacia del fosfato de cal como abono..... de donde ha dimanado el valor concedido al guano, el uso general y frecuente de los huesos.....y el empeño con que aprovecha Inglaterra su apatita.»

Hablando en seguida del criadero de Logrosan, situado al Este de la provincia de Cáceres, en la Estremadura Baja, á ocho leguas de Trujillo, dice: «Que su explotacion, segun el reconocimiento que acababa de practicarse, no ofrecia grandes dificultades, ni exigia grandes dispendios; añadiendo despues que la apatita de Inglaterra, hoy explotada con avidez, debe satisfacer muy poco tiempo las demandas del cultivo.»

Proyecto de ley.

Art. 1.° Se reservan al Estado las minas de fosforita del partido judicial de Logrosan, y cualesquiera otras que existan del mismo mineral en todo el reino, para que puedan ser explotadas bajo la dependencia y direccion del Ministro de Fomento.

Art. 2.° El Gobierno se atendrá en un todo á las disposiciones de la ley vigente de minería para la posesion, beneficio y aprovechamiento de las minas de fosforita comprendidas en terrenos particulares.

Madrid 11 de junio de 1857.=El Ministro de Fomento, *Claudio Moyano*.

No haremos comentario alguno acerca de las ideas vertidas en este proyecto de ley, así como en el preámbulo y en el discurso del Señor Moyano.

El cuerpo de Ingenieros de minas fue quien en aquel entonces tuvo ocasion de estudiar detenidamente este punto. Los Ingenieros Naranjo y Peñuelas hicieron una espedicion á Logrosan; pero el resultado de sus investigaciones y estudios sobre aquel criadero no vió la luz pública, como tampoco la habia visto la Memoria del Sr. Torres Muñoz y Luna, á pesar de las continuas escitaciones de la *Revista minera*, periódico redactado por los Ingenieros de minas.

Varios son los artículos que con este motivo se publicaron en dicho

periódico, alguno de los cuales copiamos por el interés que ofrecen, sin hacer comentario alguno acerca de los mismos, puesto que dejamos ya consignadas nuestras ideas en el cuerpo de esta Memoria.

(De la Revista minera, tomo 8.°, pág. 683.)

Sobre la fosforita de Logrosan.

Sin la menor pretension de querer decidir la cuestion de la célebre fosforita de Logrosan, me atrevo á presentar á los lectores de nuestro periódico, la *Revista minera*, la copia literal del artículo dedicado á la descripcion é historia de esta sustancia en mi libro de viajes, ó sea en el cuaderno donde uno acostumbra á depositar lo que observa y lo que aprende de más notable en el curso de sus viajes, y que por lo tanto, solo debe ser considerado como un trabajo preparatorio para desarrollarlo y perfeccionarlo despues en la tranquilidad de su gabinete de estudio habitual.

«Trujillo 26 de junio de 1845.

»Salí de paseo hasta la ermita situada más de 500 varas al Sur de la poblacion para ver una cantera empezada á abrir en el granito, que hace poco se ha observado ser fosforescente. Efectivamente lo es, y á mi parecer, esto proviene de su descomposicion, ó por mejor decir, de la descomposicion del feldespato que deja libre la parte de fosforita. El cómo se verifique esta descomposicion, es lo que yo no sabré explicar; pero lo cierto es que aquel granito no contiene otra cosa que mica, cuarzo y fosforita, notándose muy bien en algunas partes la cristalizacion pseudomórfica del feldespato. Es de notar que el sitio donde se encuentra el granito fosforescente, se halla atravesado por una masa ó especie de filon de granito de grano fino aporfidado, direccion N. S. de la brújula, y que allí inmediato hay un manantial de agua constante que

surte del granito de grano grueso, cuyo fenómeno no podria verificarse si no estuviera descompuesto.

«Probablemente el fenómeno de la fosforita de Logrosan tendrá el mismo origen, es decir, que serán filones ó bancos de feldespato metamorfizados en fosforita, que en otras partes lo es en kaolin, y de este modo se explica muy bien el objeto á que lo pueden aplicar los ingleses que, hace un año, están pidiendo con tanto afan remesas de esta sustancia, y que no se les han podido hasta ahora satisfacer por haberse suscitado litigio sobre la propiedad del terreno. Mi buen amigo el Señor D. Cárlos Pikman hace tres años, cuando andaba por todas partes buscando tierras para su fábrica de loza de Sevilla, tratando de disimular su objeto para evitar competencia, denunció la fosforita de Logrosan como combustible; cuya denuncia abandonó despues, cuando adquirió la propiedad de otras canteras cerca de la costa, y que le hacian el mismo efecto para la fabricacion de su loza. Ahora los ingleses, disimulando su objeto y con el fin de apoderarse de todo el criadero, bien sea obteniendo la propiedad, ó bien haciendo contrata de comprar sus productos exclusivamente, como ya lo han indicado, dicen que quisieran la fosforita para abono de las tierras, como el guano de las costas de Africa y América; y, á pesar de ser esta una gran exageracion al alcance de cualquiera, se la han tragado los del pais y todos los españoles que andan en el negocio, sin darse otra explicacion, ni pedir otra cuenta que decir: ¡El demonio son los ingleses; qué cosas inventan! En resumen, á mi modo de ver no queda duda que la fosforita de Logrosan es en el dia buscada para formar uno de los componentes de la loza fina ó llámese porcelana.

» Es notable la abundancia de aguas con que está surtida la poblacion de Trujillo, á pesar de hallarse edificada, como ya hemos dicho, casi en el punto culminante de la línea divisoria entre el Tajo y el Guadiana, y ser el terreno esclusivamente de granito de grano grueso y de grano fino. Casi en la parte más alta y dentro del recinto de la antigua fortaleza, hay una gran alberca natural de 30 á 40 varas de diámetro, donde nunca falta el agua, por calurosa y seca que sea la estacion; pero no es muy potable, y solo la beben las caballerías y ganados en caso de ne-

cesidad: para beber la gente de la fortaleza, tenian los romanos unos algibes en otra plaza más elevada, y que en el dia están abandonados y medio destruidos. El agua de la alberca debe indudablemente proceder de otros terrenos más elevados, por poco que sea, y debe venir infiltrada por venas de granito descompuesto, pues de otro modo esta roca no es permeable. Tal vez contribuyen á esta infiltracion, y por consiguiente á la descomposicion, las grietas abiertas en el granito de grano grueso por las erupciones del granito fino, ó que baste solo el contacto de ambas rocas para que haya discontinuidad de materia y dar paso á las infiltraciones.=*Joaquin Ezquerra del Bayo.*»

Solo añadiremos al artículo del Sr. Ezquerra, que por la cantidad de óxido férrico que contiene la fosforita de Logrosan, su empleo para la fabricacion de la porcelana fosfática y de los cristales opacos, no puede sustituir al uso de los huesos calcinados, que emplean exclusivamente en dichas fabricaciones.

En Logrosan se encuentra muy á menudo la fosforita acompañada de cuarzo. Donde el mineral se presenta en la superficie, no sostiene planta alguna; pero donde va algo profundo, alimenta la propia vegetacion que los terrenos inmediatos, viéndose olivos, cereales, malvas, amapolas y otras plantas del pais.

Nadie en aquella comarca recuerda que se haya presentado nunca en la fosforita fósil alguno ni incrustacion.

En el tratado de química de Pelouze y Fremy constan las siguientes palabras: «Los Señores Daubeny y Widdrington han encontrado en Logrosan una capa de $2^{m},27$ á $5^{m},18$ de potencia, intercalada entre capas de esquistos pertenecientes al terreno siluriano ó devoniano, la cual puede seguirse superficialmente en una estension de dos millas: *no se explota.*»

Es de mucho interés un artículo que se publicó en la *Revista minera* á principios de 1858, en el cual se copia en extracto la memoria del Sr. Luna, refutada por el Ingeniero D. Casiano de Prado. «Siete me» ses hace, dice el citado Ingeniero, que el proyecto de ley sobre las mi» nas de fosforita fué presentado á las Cortes. La opinion pública lo ha » recibido con las más inequívocas muestras de desaprobacion: ni una sola

»voz se ha levantado en su favor; y aquellos mismos que segun pudiera »creerse se hallaban comprometidos á defenderlo, no se comprometie»ron á hacerlo por otro medio que el del silencio.»

La refutacion de la Memoria de Luna está reducida á los puntos siguientes:

1.° Que no hay en toda Inglaterra, ni allí se beneficia por consiguiente, ningun filon de apatita; sustancia que, por otra parte, seria de una preparacion sumamente costosa para que pudiera tener el empleo de que habla Luna en su memoria.

2.° Que semejante mineral no puede equipararse para el caso con los huesos, en los cuales el fosfato de cal se halla en tal estado, que las plantas pueden asimilárselo fácilmente; ni aun con el fosfato de cal que se halla en Surrey (*no formando filones*), y que nadie cree sea de procedencia puramente mineral.

3.° Que las pruebas que en Inglaterra se hicieron con la fosforita de Logrosan, no dieron los resultados que se esperaban.

4.° Que los ingleses no se guiaron en sus adelantos agrícolas por Liebig.

5.° Que el fosfato no obra con toda eficacia como abono sino cuando se le une convenientemente con materias que tengan nitrógeno: hecho introducido en la ciencia por Payen y Boussingault.

Segun el mismo Prado, el naturalista de Oxford, Mr. Daubeny y otros hicieron un viaje para reconocer la fosforita, y compraron 500 quintales, á 80 rs. el quintal, á D. Antonio Perez Aloe, de Cadiz; no haciendo más pedidos porque los trasportes eran caros.

En la Memoria del Sr. Luna se fija la estension del criadero en cuatro leguas de longitud, estableciéndose varios cálculos acerca del coste y riqueza de dicha sustancia. En el análisis que practicó de la misma, encontró, segun dice, indicios de amoniaco y tan solo indicios de fluor. Luna atribuye la formacion de la fosforita á restos de millares de generaciones de séres organizados, con cuya teoría no está muy conforme Don Casiano de Prado; así como tampoco lo está con la que indica el Ingeniero Ezquerra en el artículo citado anteriormente.

Finalmente, en la *Revista minera* de marzo del mismo año se lee el

siguiente suelto: «En la sesion de 1.° de marzo de 1858 se anunció » en el Congreso, que se devolveria al Gobierno, á peticion del Sr. Mi- » nistro de Fomento, el proyecto de ley sobre la fosforita de Logrosan. Tenemos entendido que á la par de esta resolucion, que aplaudimos. » se ha levantado el interdicto que pesaba sobre la industria particular, » paralizando el curso de algunos espedientes relativos á aquella sustancia » mineral, é impidiendo toda clase de registros y trabajos de minas en » una estension considerable á partir de Logrosan.»

Así terminó este episodio de la historia del célebre criadero de Logrosan.

Análisis y ensayos citados en las páginas 256, 259 y 260.

Determinacion de la cantidad de ácido fosfórico contenido en un fosfato de cal fósil.—Despues de haber triturado y pasado por un tamiz una cantidad algo considerable de materia, se revuelve bien á fin de obtener un conjunto homogéneo, y se toman pequeñas porciones de la masa total, las cuales se porfirizan en un mortero de ágata, pesando despues 2 gramos de materia. Puesta esta en un pequeño matraz, se ataca con ácido nítrico puro un poco diluido, que disuelve los fosfatos; se hace hervir, y despues se diluye con agua destilada y se filtra; se lava el resíduo que quedó sobre el filtro, y se reunen las aguas de locion con el líquido que filtró primero. El líquido total se evapora hasta sequedad, y vierte sobre el resíduo alcohol acidulado con algunas gotas de ácido nítrico. Se filtra otra vez para separar la sílice y el sulfato de cal que contenga, y sobre el líquido claro se vierte un ligero esceso de disolucion de acetato de plomo, cuya sal produce un precipitado de fosfato de la propia base; recogido este precipitado sobre un filtro, lavado, seco y calcinado, incinerando al propio tiempo el filtro segun las buenas reglas del laboratorio, se pesa: un 39 por 100 del peso obtenido, representará el ácido fosfórico contenido en 2 gramos de materia (Malagutti). 72 partes en peso de ácido fosfórico corresponden á 156 de fosfato de cal tribásico, $3CaO, PhO^5$.

El mismo método puede servir para encontrar la cantidad de ácido fosfórico contenido en cualquier otro fosfato mineral, así como tambien en las tierras de labor, en las cenizas, en los huesos calcinados y en los superfosfatos y nitrofosfatos.

Conviene saber distinguir en estos dos últimos la cantidad de ácido fosfórico que contienen al estado soluble, y la que existe todavía al estado de fosfato de cal tribásico insoluble. El agua caliente basta para separar las materias solubles de las insolubles: estas últimas, despues de bien lavadas, pueden sujetarse al procedimiento general arriba mencionado, para reconocer la cantidad de los fosfatos insolubles que contienen. En cuanto al líquido, antes de sujetarlo por separado á dicho procedimiento, es indispensable evaporarlo á sequedad.

Prescindiremos de la exposicion de otros muchos medios analíticos, que para estos y otros muchos casos más ó ménos análogos, se encuentran descritos en todas las obras de análisis química, á las cuales nos remitimos, y únicamente diremos, que siempre que se tenga una disolucion de fosfatos en el ácido clorhídrico, en la cual no exista una cantidad considerable de materia aluminosa, procedente tal vez de las arcillas, un esceso de amoniaco producirá en dicha disolucion un precipitado que contendrá los fosfatos de cal, magnesia y hierro, que se encontraban en el líquido. Este método puede emplearse para el *ensayo de la fosforita, de los huesos calcinados, y de otras materias fosfatadas análogas;* dando la cantidad total de fosfato contenido en las mismas, y por consiguiente una indicacion para apreciar de un modo aproximado la riqueza de dichas sustancias consideradas como abono fosfatado.

Cuando se quiere averiguar *si un superfosfato contiene ácido sulfúrico libre*, se toma una cantidad determinada del mismo y se lava con alcohol, precipitando despues la disolucion alcohólica filtrada por medio del cloruro de bario. El precipitado que se forma, se disolverá por completo en el ácido nítrico, en el caso de que esté formado únicamente de fosfato de barita; dejando un resíduo insoluble, en el caso de que el líquido tuviese ácido sulfúrico. Recogido este resíduo de sulfato de barita, lavado, seco y calcinado, obtendremos la cantidad de ácido sulfúrico multiplicando su peso por 0.3433.

Tratándose de los huesos crudos ó carbonizados, así como tambien de los abonos que contienen materias orgánicas, antes de sujetarlos al ensayo para determinar la cantidad de fosfatos que contienen, es preciso empezar por incinerar completamente un peso dado de materia. Igual procedimiento se seguirá *para las plantas verdes ó secas*. La disolucion nítrica ó clorhídrica de las cenizas, da por medio del amoniaco un precipitado compuesto de todos los fosfatos de cal, magnesia ó hierro que contenia la materia primitiva.

Determinacion de las sustancias nitrogenadas.—El análisis cuantitativo, para determinar la cantidad de materia azoada existente en un abono, puede hacerse con exactitud por cualquiera de los métodos descritos en todas las obras de química analítica; ya sea descomponiendo la materia por medio del óxido de cobre, y midiendo el volúmen de azoe ó resíduo gaseoso obtenido, despues de absorber el ácido carbónico por medio de la potasa cáustica; ya produciendo la descomposicion de la materia por medio de la cal sodada y recibiendo el amoniaco producido en un líquido ácido, de ley conocida, y averiguando despues por medio de un análisis acidimétrico con un líquido normal alcalino la cantidad de ácido que queda libre en dicho líquido, y por consiguiente la cantidad de amoniaco que ha neutralizado una parte de ácido.

Aunque es verdad que *las materias orgánicas* se destruyen *por la accion del calor*, la pérdida de peso que una sustancia experimenta por este medio, no puede indicar más que aproximadamente la cantidad de materia orgánica contenida en la misma, pues el calor hace desprender al mismo tiempo el agua, el ácido carbónico y otras materias volátiles.

La existencia del *humus* en una tierra se reconoce por el color pardo que comunica á una lejía alcalina, en la cual haya estado durante algun tiempo en maceracion.

Los abonos que contienen materias animales, cuando se calientan en contacto con la cal ó la potasa, ó mejor una mezcla de las dos, dejan desprender una cantidad de amoniaco bien distintamente perceptible al olfato. Si la cantidad de amoniaco que se desprende es muy pequeña, se reconocerá por medio de un papel de tornasol rojo y humedecido, ó con una varilla de vidrio mojada en ácido clorhídrico. En el primer caso,

el papel rojo se pone azul; en el segundo, la varilla de vidrio aparece rodeada de vapores blancos producidos por la sal amoniaco que toma orígen. Finalmente, *para descubrir cantidades muy pequeñas de azoe*, el método más delicado es seguramente el de Lassaigne. Consiste este en mezclar en un tubo de ensayo una pequeñísima porcion de la materia, en la cual se trata de descubrir el azoe, con una porcion próximamente igual de potasio metálico. Se calienta todo fuertemente en una lámpara de alcohol, dejándolo enfriar pasada la reaccion; se disuelve el resíduo en un poco de agua, y despues de un rato se filtra. En el líquido incoloro obtenido existirá un cianuro de potasio, en el caso de que la materia sujetada al ensayo contuviera azoe: dicho líquido en contacto con una sal ferroso-férrica, y saturado con ácido clorhídrico, dará un precipitado de azul de Prusia; no produciéndose este, en el caso en que la materia primitiva no fuera azoada.

Ensayos comparativos de varios abonos citados, en la página 261.

Hemos practicado dos séries de ensayos comparativos, empleando como abono la fosforita de Logrosan, y el superfosfato y nitrofosfato obtenidos con la misma, ya tomando dichas materias solas, ya mezcladas con abonos nitrogenados.

Los primeros ensayos practicados en el año de 1861, se hicieron en un suelo de tierra muy suelta, poco arcillosa, y que hacia probablemente 30 años que no habia recibido abono ni cultivo de ninguna especie. La tierra se limpió de yerbajos y piedras, y se removió disponiéndola luego en eras de unos 6 pies cuadrados. El dia 30 de marzo se sembraron de trigo, del llamado en Andalucía *tremé*, echando en cada era una onza de simiente: se cubrió de tierra con la mano y se regó; operacion que se repitió seis veces durante los tres meses que tardó el trigo en llegar á su completa madurez. La preparacion ó abono que recibió cada una de dichas eras antes de sembrar el trigo, fué la siguiente:

Era núm. 1: 1.000 gramos de fosforita en polvo.

Era núm. 2: sin abono.

Era núm. 3: 1.000 gramos de hueso crudo en polvo.

Era núm. 4: estiercol de cuadra.

Era núm. 5: superfosfato procedente de 1.000 gramos de fosforita.

Casi todos los tallos espigaron con poca diferencia á un mismo tiempo, y á los tres meses cabales desde su siembra se segaron.

El resultado en grano procediendo de más á menos fué segun el órden siguiente:

Números 5, 3, 4, 1, 2.

El resultado en paja segun el siguiente:

Números 3, 5, 4, 2, 1.

Estos resultados, á pesar de lo tosco del ensayo, manifiestan prácticamente, que si bien la fosforita no tiene influencia sensible sobre los cereales, la tiene en gran manera cuando se ha convertido en fosfato soluble próximamente por medio de un ácido enérgico. Además, se observa en el resultado de estos ensayos, que la influencia del superfosfato es más ventajosa á la cantidad de grano que á la de la paja.

En noviembre del mismo año de 1861 emprendimos otra série de ensayos practicados con más precauciones. En 6 macetas distintas con un suelo artificial de arena pura muy fina, se sembraron en cada una de ellas 9 granos de trigo *semental* escogido. El suelo se mantenia constantemente humedecido con agua destilada contenida en un vaso que podia bañar el tercio inferior de cada maceta.

La preparacion que recibió el suelo contenido en dichas macetas, fue la siguiente.

Núm. 1: arena pura.

Núm. 2: 40 gramos de fosforita en polvo.

Núm. 3: 40 gramos de hueso crudo en polvo.

Núm. 4: 40 gramos de superfosfato de cal seco y pulverizado obtenido con la fosforita.

Núm. 5: 20 gramos del mismo superfosfato y 20 de una mezcla de carne y sangre desecadas.

Núm. 6 : 40 gramos de nitrofosfato seco y pulverizado , obtenido con la fosforita.

El órden segun el cual salieron las plantas, fué el siguiente:

Números 1, 2, 6, 4, 3, 5.

El aspecto que presentaban las plantas á fines de marzo de este año, es el siguiente :

Núm. 1: cada grano ha echado un tallo de regular altura. Su color es rojizo, las hojas de un verde no muy intenso. A medida que van echando hojas nuevas, las más inmediatas al suelo se van secando.

Núm. 2: casi en el mismo estado que el número 1. Las hojas inmediatas al suelo se secan ménos prontamente que en el núm. 1.

Núm. 3: el tallo se eleva algo ménos que en los números anteriores, pero presenta un color verde; algunas plantas han *ahijado* presentando dos tallos: las hojas inmediatas al suelo no se secan fácilmente.

Núm. 4: comparado con el anterior se observa en este alguna ventaja bajo todos conceptos, escepto en la altura de los tallos, que es algo menor.

Núm. 5: su aspecto y su estado de desarrollo es inferior al número 3, si bien presenta mucha analogía con él.

Núm. 6: tallos muy altos de un color intenso, de una frondosidad y lozanía admirables. Todas las plantas sin escepcion han *ahijado*, habiendo algunas echado hasta 3 tallos.

Nada podemos decir del resultado definitivo de este ensayo : tanto este como el anterior, no pueden suministrar más que resultados comparativos; y de ellos á los exactísimos procedimientos empleados por Boussingault y Ville, media una distancia infinitamente grande. Sin embargo, no dejan de verse comprobadas hasta cierto punto las ideas emitidas en esta Memoria respecto de la influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion, especialmente en la produccion de cereales.

FIN.

MEMORIA

PREMIADA

EN EL CONCURSO PUBLICO ABIERTO POR LA ACADEMIA PARA EL AÑO DE 1862

SOBRE EL TEMA:

Influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion y procedimientos mas económicos para utilizarlos en la produccion de cereales en la Península.

ESCRITA

POR D. JOSÉ DE HIDALGO TABLADA,

Catedrático de agricultura, individuo de varias corporaciones literarias, etc.

PRELIMINARES.

Lema: Los fosfatos terrosos son la base de la produccion de cereales.

1.° El empleo de los abonos minerales es tan antiguo como el de otros que se creen un adelanto de las investigaciones de la ciencia en nuestra época. Es verdad que los pueblos labradores de la antigüedad no pudieron definir, cuáles de las partes minerales que usaron, eran las que debian emplear con un fin determinado al efecto de que las materias componentes dieran el resultado apetecido. No teniendo los recursos que hoy presta la química, la experiencia era la guia de sus operaciones, y sin embargo, se sabe que usaron diferentes calizas, margas, turbas y yeso.

2.° Los celtas, dice Plinio (1), distinguian perfectamente las cualidades de las materias terrosas para emplearlas como abono; utilizando unas como correctivos y otras como fertilizantes. La estimacion en que tenian esos abonos era tal, que algunos los extraian á 100 piés de profundidad. Virgilio y Varron, que vivieron antes, refieren lo mismo; Jenafon, Aristóteles y Teofrasto (2) nos dicen que los griegos usaban las materias terrosas como abono, y que algunas producian los mismos efectos que los estiércoles.

3.° Si desde el siglo V anterior á nuestra era se tiene noticia del empleo de las materias terrosas como abono para beneficiar las tierras, y se conocian entre ellas las que podian usarse como correctivo y las que aumentaban la fertilidad; de suponer es que, sin distinguirlas, emplearon los fosfatos terrosos solubles que abundan en la naturaleza. Las calizas conchíferas y otras que existen en algunos puntos de España, que fueron habitados por los celtas, y el uso que hicieron de ellas como abono, confirman lo que acabo de decir.

4.° El uso de las margas, entre las que hay algunas muy abundantes en restos animales y vegetales, y de consiguiente contienen fosfatos, ha seguido hasta nuestros dias desde el tiempo de los celtas, que debieron introducirlo del pais de su orígen.

La *terra adeps*, dice Plinio, viene á ser una especie de greda grasienta y adiposa, de varios colores, *blanca, rubia y azulada*, etc. La blanca era la mas usada por los celtas. Que con el uso de las margas se emplearon los fosfatos, sin distinguirlos, lo prueban algunos hechos prácticos. Se sabe que los árabes empleaban las margas, echaban encima una capa de estiercol, y regando despues la tierra, la revolvian con el arado: de este modo, dice la Banqueri en su traduccion, obtenian pingües cosechas por algunos años; pero cuando no se operaba de ese modo, las ventajas de la marga eran menores y tardaban en sentirse sus efectos algunos años. La influencia del ácido carbónico, del estier-

(1) Hist. nat., l. 17, c. 4.
(2) Economía, l. 3, c. 12. Probl., p. 20. Plant., l. 3, c. 23.

col y el agua, hacian mas solubles las sustancias contenidas en las margas en el primer periodo, y de aquí la diferencia en el segundo.

5.° Que en las margas se encuentran fosfatos, está confirmado por las encontradas cerca de Lila, que contienen de 8 á 15 por 100 de ácido fosfórico. M. James, dice, que 1.000 kilógramos de cal que contengan fósiles llevan á la tierra 79 centílitros de fosfatos calizos. Si se ha de dar crédito á las opiniones del doctor Muse, M. Dufay, Margraff, Darwin y Fourcroy, que están contestes en que el yeso y todas las calizas se vuelven fosfóricas cuando en la tierra que se emplean existen ácidos fijos. Si es cierto lo que M. Dufay asegura con reiterados experimentos, todas las piedras calizas se convierten en fosfóricas por la calcinacion, y el ácido fijo que contiene el yeso, es una de las razones para que en él tenga lugar: esto prueba que los celtas usaron, así como los árabes, los fosfatos sin distinguirlos.

6.° Columela (1) aconseja el uso de las cenizas y polvo de los caminos.

7.° Los árabes, segun la agricultura nabatea (2), emplearon las margas, piedras calcáreas, yeso, etc. En las tierras areniscas estériles echaban tierra *viciosa, bermeja, que al tocarla con la mano se pegase como engrudo*.

8.° Nuestro inmortal Herrera (3), y su imitador Olivier de Serres (4), hablan de la aplicacion de las sustancias terrosas, con relacion al mejoramiento de las tierras labrantías. Ambos autores se refieren á Plinio, y el primero indica no creer en la bondad de tales abonos; cuando el segundo afirma, que en las tierras que se echa buena marga, los trigos crecen con tal pujanza que se revuelcan.

9.° Por el breve relato que vengo haciendo se ve, que, desde la más remota antigüedad, se conoce la conveniencia de usar las materias ter-

---

(1) L. 2, c. 15.
(2) Banqueri.
(3) L. 1, c. 4.
(4) Segundo lugar, p. 128.

rosas como abono, bien mezcladas con los estiércoles ó solas, segun las circunstancias. Sin embargo, de que fuera de España se emplean y buscan las que son á propósito para cada caso, entre nosotros, en general, se los supone mas caros que útiles, como dice Herrera. Esto consiste en que nuestra clase agricultora no tiene toda la instruccion que su ocupacion reclama; ni el suelo agrario ha llegado á la época en que siendo de todo punto indispensable emplearlo para producir con mas continuidad, hay que suministrarle, por medio de los abonos, las sustancias que exijen las plantas que han de desarrollar. Si ese tiempo no es llegado al extremo que en Inglaterra, no por eso debe dejarse ignorar al agricultor español, que muchas veces al lado de la tierra que deja descansar 2 y 3 años, porque de ese modo adquiere la facultad de producir, hay materias terrosas que aplicadas como abono le permitirian continuar labrando, y aumentar la riqueza nacional.

10. El suelo de España es abundante en minerales útiles para aplicarlos á la fertilidad de las tierras de labor, y entre otros muchos ejemplos puede citarse la ya célebre fosforita de Logrosan en Extremadura. En sus provincias, las limítrofes y más cercanas, la riqueza fundamental es los cereales; y sabiendo la gran cantidad de fosfatos que contiene, parece que la Providencia ha puesto ese manantial inagotable de fertilidad, cerca del sitio donde las necesidades del hombre exijen su consumo, para devolver á la tierra lo que las cosechas le quitan, como dice Liebig.

11. Segun el doctor Daubeny, la fosforita encontrada en Extremadura contiene 81 por 100 de fosfato de cal. Ese caudal de fertilidad no se emplea en nuestra patria: la Inglaterra y Francia lo han ensayado, y deduciendo de sus consideraciones geológicas la posibilidad de encontrar con qué sustituirla en su pais, lo han conseguido, y evitado los gastos de trasportes. Pero España debe aprovecharlo, y trasformar la fosforita en cereales y otras semillas, que puede con su auxilio producir en abundancia, compitiendo con las demás naciones en los mercados de Londres y Marsella.

12. Por el excelente trabajo ejecutado por el Sr. de Luxan sobre

los terrenos de Badajoz, Sevilla, Toledo y Ciudad-Real (1), se sabe que desde las colinas de Carmona, siguiendo al Viso, Mairena, Alcalá, Lebrija y Trebujena, hasta terminar en San Lúcar y el Puerto de Cádiz, hay una masa de colinas de caliza, marina terciaria compuesta en su conjunto de restos orgánicos. Esas calizas, que se extienden hasta Jerez y forman el asiento de Medina-Sidonia, se encuentran en otros muchos puntos de España, como en las inmediaciones de Almería, Nijar, etc., que he examinado y recorrido. La mayor parte de esas calizas contienen fosfatos, no en mucha abundancia, segun su estado de fosiliacion, pero suficiente para usarlas como excelente abono. La agricultura anglo-americana aprecia en alto grado la cal fabricada con margas conchíferas, por la cantidad de fosfatos que contienen.

13. El análisis químico de los vegetales ha esplicado á la agricultura en algunos años, lo que no pudo saber la práctica de muchos siglos que hace se emplean las materias terrosas como abono, con más ó menos acierto, pues marchando sin norte fijo, para aprovechar las propiedades efectivas de las tierras labrantías y de los abonos, los resultados eran inciertos. Hoy la química ha levantado el velo misterioso que encubria la necesidad práctica de hacer que se sucedieran las plantas de diferentes familias en la rotacion de las cosechas, la utilidad de los barbechos y el reposo absoluto de la tierra para reparar sus fuerzas. La ciencia ha establecido los principios en que se funda la alimentacion vegetal, determinando por una fórmula sencilla las cantidades definidas y rigorosamente marcadas que los abonos que se usan deben tener, segun las condiciones en que se hayan de emplear. Avanzando cada dia con paso firme en esa via segura, y casi sin límites, debe tenerse la esperanza de que no está lejos la época en que nuevos descubrimientos faciliten el empleo de fuerzas, hoy inactivas ó mal empleadas, como sucede con los fosfatos minerales. La utilidad de estos abre un ancho campo para la produccion del suelo agrario, base fundamental de la sociedad. Esas riquezas, tantos años ignoradas y mal aplicadas, vienen hoy

(1) Memoria de la Academia de Ciencias.

en nuestro auxilio, con la ventaja para los labradores españoles, de que las dificultades de su primer ensayo las han vencido otros paises.

14. Si han pasado ya los inconvenientes que consigo llevan los ensayos en la agricultura, y mucho más cuando se trata de introducir nuevas materias aplicables como abono, no deben dejarse en olvido los fraudes que admiten y que han dado lugar en otras naciones, á que intervenga la administracion para evitarlos. El informe de la Comision del Jurado de la Exposicion de 1857, en Madrid, dice bastante sobre los guanos artificiales de las fábricas de España.

15. Segun se ha visto, casi en los mismos puntos, donde la industria agrícola se encuentra dedicada al cultivo de cereales, y donde por no permitirlo la tierra, y la cantidad de estiércoles, se siembra cada dos y más años, los fosfatos terrosos abundan, y á poca costa pueden ponerse á disposicion del labrador.

La Academia de Ciencias, á quien tengo el honor de dirigirme, prestará un nuevo é importante servicio al pais, si del concurso que ha propuesto obtiene el resultado que merece su celo en bien de la clase labradora, que tanto necesita de su ilustrada cooperacion. Aunque conozco ser muy débil la mia, intentaré llevarla hasta donde he comprendido puede ser útil, dividiendo esta Memoria:

- 1.ª parte.
  - 1.° Influencia de los fosfatos terrosos en la vegetacion.
  - 2.° Utilidad del empleo de los fosfatos terrosos en el cultivo de cereales.
  - 3.° Fosfatos.
    - calizos.
    - de potasa.
    - de sosa.
    - de magnesia.
    - de amoniaco.
- 2.ª parte.
  - 4.° Procedimientos para emplear los fosfatos terrosos como abono.
  - 5.° Mezclas con sustancias minerales, etc.
- 3.ª parte. Conclusiones.

PRIMERA PARTE.

I.

Influencia de los fosfatos terrosos en la vegetacion.

16. Aunque sea dar una idea bien triste de la instruccion agronómica de la clase labradora en nuestra patria, no puede menos de confesarse, que hay muchos agricultores, en cuyas inteligencias no cabe la posibilidad de hacer un abono artificial que contenga en su mayor parte la misma fertilidad que el estiercol bien fabricado. Por esta razon se ven en las inmediaciones de las fábricas de abonos, pueblos de vegas regables, que pagan los estiércoles doble que les costarian sus equivalentes; y sin embargo, si alguno intenta hacer con ellos algun ensayo, que de ordinario, por no saber sale mal, es causa de picantes burlas; sin comprender los que obran así, que dejan escapar de sus manos, el medio de disminuir los gastos y de aumentar los productos. De aquí los inconvenientes de la introduccion, generalmente hablando, de las mejoras en el cultivo en España, y tal vez de que pase mucho tiempo, sin que los fosfatos terrosos tengan la aplicacion que su utilidad reclama.

Antes de tratar de ellos, me voy á permitir hablar de los procedentes de huesos, con los que he hecho algunos experimentos; pero solo me referiré á uno.

17. *Huesos pulverizados.* Liebig dice: que un quintal de abono artificial aumenta la produccion, tres ó cuatro quintales de trigo ó su

equivalente: yo creo que es poco, es decir, que el producto es mayor, y hablo por mi propia experiencia.

En una tierra compuesta de

Arcilla	65,8
Arena	13,4
Cal	14,2
Nitratos	5,6
Materias orgánicas	1,3
Fosfatos	1,7
	100,0

empleé los huesos calcinados en la proporcion de 300 kilógramos por hectárea, y rindió á razon de 44 por 1 en el trigo, 60 en la cebada, y en el maiz fue tal su desarrollo, que las plantas se elevaron á dos y medio metros de altura, y la mayor parte de las mazorcas tenian de 40 á 55 centímetros de largo. El trigo salió en la proporcion de 20 hectólitros por hectárea, que pesaron 1800 kilógramos; luego cada quintal de abono produjo 6 de trigo. La cebada rindió á razon de 30 hectólitros por hectárea.

18. En los trigos activó la vegetacion de tal suerte, que sembrados en 20 de febrero hasta diez especies de otoño y tremesinos, todos llegaron á completo desarrollo y madurez, y á exceder su producto en un doble á los sembrados en épocas naturales, y en tierra sin abonar con el fosfato mencionado. Sin embargo, la tierra en que se verificó era regular para la produccion, y esto lo hice con el fin de tener con qué comparar, pues en la tierra en que ejecuté el experimento, lo que se sembró sin fosfato no llegó á granazon. Los huesos que empleé fueron calcinados de una manera imperfecta, en un horno como si fuera cal ó yeso, teniendo la precaucion de no activar la calcinacion, á fin de conservar, en lo posible, todas las sustancias contenidas en ellos. No habiendo servido á ningun uso industrial por la cantidad de azoe de la gelatina, se formó un fosfato calizo amoniacal, rico en principios fertilizantes para los cereales.

19. El análisis de la tierra, que segun se ha visto era pobre, y que por la gran cantidad de arcilla era estéril, hizo conocer la causa de la produccion extraordinaria con los fosfatos empleados. El polvo de huesos adicionó al suelo 40 por 100 de fosfato de cal y el resto en sales solubles, en parte asimilables á las plantas.

20. Por ese medio he obtenido un producto triple del que en condiciones normales hoy se consigue; y conocidas por algunos labradores las ventajas de esa aplicacion, imposible parece que no se aprovechen, de un modo directo, los huesos de 337 millones de libras de carne que se consumen en España (1), que representan 3.000.000 de arrobas de huesos: y otros tantos lo menos, que podian emplearse de los animales muertos, que hacen 6.000.000 de arrobas, equivalen á 2.040.000 arrobas de fosfatos, y el resto de otras sustancias, suficientes para producir una cosecha de trigo de 3.180.528 hectólitros de trigo, ó sean 5.807.582 fanegas, ó su equivalente en otras producciones.

Esta cuenta ejecutada, no con los datos mios, sino fundada en los que nos enseña Muller en la teoría del cultivo, segun Liebig; si la hubiera formulado segun Gasparin, resultaria 1.000.000 mas de fanegas de trigo.

De esa inmensa riqueza, solo se aprovecha una mínima parte, que entra en la fabricacion de abonos, introducida recientemente en España; el resto es perdida para la agricultura, y sin embargo, importa anualmente 900.000 quintales de abonos, que le cuestan 36.000.000 de reales (2). El guano, palomina y estiercol es, segun parece, de lo que se compone la importacion; y no será exagerado decir que se necesitan 10 quintales, por término medio, de ese abono por hectárea, que sale por 400 reales, durando un año su efecto. Tamañas pérdidas, y sus consecuencias, las conocen muy bien los ilustrados individuos de la Academia, y por eso su patriótico celo se dirije á evitarlas.

21. *Fosfatos terrosos.* No es muy antigua la creencia de que inde-

(1) Anuario de Estadística de 1860, p. 353.

(2) Anuario de Estadística de España; 1860.

pendiente de los principios azoados, los vegetales necesitaban para su completo desarrollo varias sales terrosas (1): es concepto anunciado hace muchos años, ha sido causa de largas discusiones, de opiniones diversas, de ensayos infinitos; y cuyos resultados, diferentes y variados, han nacido de las circunstancias en que han tenido lugar, y de la más ó menos solubilidad de los fosfatos empleados. Liebig ha puesto término á su discusion importante, demostrando que la poca facilidad con que los fosfatos se disuelven, depende del ácido carbónico contenido en el suelo; de las sustancias que los acompañan ó que encuentran en él, viene el origen de las diferencias de accion; y que tratados por el ácido sulfúrico, se hacen solubles y actúan con regularidad.

Efectivamente, antes de los descubrimientos de Liebig, Boussingault, Kuhlmann (2) y otros químicos eminentes, los que usaron los fosfatos mezclados con los estiércoles, en el concepto de estimulantes, obtuvieron mejores resultados que los que los empleaban solos. El ácido carbónico de los estiércoles, unido al del suelo, hacia soluble más cantidad de fosfato que por la accion del suelo solamente; y de aquí el fundamento de la controversia, que ha suspendido por largo tiempo que se diera la importancia que merece una riqueza mineral, capaz de hacer variar el orden económico y la marcha agrícola de Europa, segun se ve por los resultados que hoy obtiene Inglaterra. Hasta que se ha demostrado la poca solubilidad de los fosfatos, se han dado mil soluciones hipotéticas, sobre un hecho práctico que parecia inexplicable. Empleados en terrenos mal roturados, donde los vegetales destruidos quedaban cubiertos y en putrefaccion, producian los fosfatos una accion más enérgica que en las tierras bien cultivadas, y de igual naturaleza. La solucion dada por M. Chamboldel, que los fosfatos, neutralizando el tanino contenido en la tierra recien roturada, la hacian más fértil, no me parece fundada; yo creo que la influencia de la mayor cantidad de ácido carbónico y materias azoadas, por efecto de la putrefaccion de las

(1) Boussingault y Payen, Anales de Química y Física, 3.ª série, t. 4 y 5.
(2) Anales de la Agricultura francesa, t. 14.

plantas enterradas, es lo que determina la mayor solubilidad de los fosfatos, y de aquí su mayor actividad en el desarrollo de la vegetacion, en el uno que en el otro caso.

22. Desde luego se comprende que los terrenos pobres, esos que por desgracia ocupan la mayor parte de nuestro continente; los que comprenden las llanuras inmensas de Castilla, Leon, Estremadura, la Mancha y Andalucía pueden producir pingües cosechas de cereales, con la aplicacion de los fosfatos terrosos, que siempre se encuentran combinados con otras materias, de que ordinariamente carecen las tierras apuradas por el cultivo, y las que no se pueden emplear en él porque no sufragan los gastos.

23. Los fosfatos terrosos que hasta hoy se han analizado contienen:

Fosforita ó fosfato de Suffolk (Inglaterra).

Partes constitutivas de los fosfatos terrosos.

Agua y materias orgánicas evaporadas.....	7, 200
Cloruro de sodium.....	Trazas
Carbonato de cal.....	18,514
Id. de magnesia.....	0,855
Sulfato de cal.....	Trazas
Fosfato de cal.....	58,018
Id. de magnesia.....	Trazas
Id. de hierro.....	8,902
Id. de alúmina.....	2,700
Oxido de manganeso.....	0,057
Flourido de calcium.....	3,161
Acido silícico y pérdida.....	7,593
	100,000

Proporcion de ázoe, 0,0289 por 100.

Coprolitos del lias.

24.	Agua y materias orgánicas	6,1820
	Cloruro de sodium	Trazas
	Carbonato de cal	25,6740
	Sulfato de cal	1,7705
	Fosfato de cal	60,7665
	Id. de magnesia	Trazas
	Id. de hierro	4,9940
	Id. de alúmina	Trazas
	Peróxido de hierro	1,0575
	Acido silizoso, fluorido de calcium y pérdida.	1,5525
		100

Proporcion de ázoe, 0,0826 por 100.

Huesos fósiles.

25.	Agua evaporada	3,1360
	Id. y sustancias orgánicas	3,8560
	Carbonato de cal	25,6000
	Id. de magnesia	0,3285
	Fosfato de cal	52,8490
	Id. de hierro	5,7000
	Id. de alúmina	4,0190
	Fluorido de calcium	3,6570
	Acido silizoso	0,3620
		100

Azoe, 0,1244 por 100.

26. Esos análisis son los publicados en el diario de la Real Sociedad de Inglaterra, por los Sres. Paine y Way, los cuales dan, además, otro de un fósil que no han podido clasificar, que dicen ser sumamente facil de pulverizar, y que se compone:

Sustancia silizosa insoluble.....	7,18
Id. soluble.....	5,28
Id. orgánicas.	2,49
Acido sulfúrico, igual á 55,76 de fosfato....	27,15
Acido carbónico.....	8,77
Cal.	39,85
Magnesia.....	0,96
Oxido de hierro y alúmina.....	10,60
	100

27. Pudiera multiplicar los ejemplos de análisis de los fosfatos térreos para hacer ver que en ellos se encuentran en su mayor parte las sustancias minerales y parte de las orgánicas que constituyen los vegetales cultivados, y principalmente los cereales. Pero siendo, á mi modo de ver, suficientes los ejemplos que preceden, y no admitiendo duda alguna la ventajosa influencia que ejercen en la vegetacion los huesos pulverizados ó fosfatos animales, veamos las partes de que se compone un abono cuyas cualidades importantes están reconocidas.

28. *Partes constitutivas de los fosfatos animales.* En 1819 al 1820, MM. Payen y Fevre demostraron por ensayos prácticos la utilidad del empleo en la agricultura de los huesos pulverizados; desde ese tiempo se puso en actividad una riqueza, que era un estorbo en las inmediaciones de los edificios donde se refinaba el azucar, en cuyos sitios se encontraban acumulados los huesos sin ningun uso. Hoy al lado de la industria del refino se ha creado otra con los resíduos, de los cuales saca un gran partido la agricultura. Su importancia y uso se comprende cuando se sabe que desde 8 rs., que costaron al principio 100 kilógramos, han llegado hasta 50 y 60, á que se venden en algu-

nos puntos. Para demostrar las sustancias contenidas en los abonos que hoy se encuentran con los nombres de resíduos de refino de azucar, negro animal, carbon animal, huesos pulverizados, etc., me ha parecido lo más conveniente sacar el término medio de los análisis que conozco, y despues el término medio generalmente. Se sabe que las sustancias que quedan en los huesos varian, segun que se emplean una ó más veces en el refino, y que existiendo en ellos 0,817 de fosfatos antes de emplearlos, resulta despues 0,780 usados una vez, y 0,716 despues de la segunda. Sin embargo, cuando circulan como abono, pocas veces llegan á esos términos; se encuentran reducidos á 0,581; porque, en el comercio, aumentan su volumen con la mezcla de carbon de leña, esquistos, turba, arena, etc.; y el tanto por ciento de la masa aumenta en la proporcion que disminuye en ella el fosfato. El cuadro siguiente da una idea aproximada del valor agronómico y composicion de los que circulan en el comercio; cuyo término medio del que debiera circular, hace resaltar el fraude. Payen, Bobierre, Liebig, Boussingault, Barral, etc., proporcionan los datos de que voy á ocuparme.

PROCEDENCIA DE LOS ABONOS.	Núm. de clases analizadas.	Azoo en 1.000 de abono seco.	Carbon y materias orgánicas.	Sales solubles en agua.	Silice.	Alúmina y óxido de hierro.	Fosfato de cal.	Carbonato de cal.	Magnesia.
Nantes	3	20,6	0,332	0,012	0,048	0,007	0,526	0,047	0,003
Marsella	3	10,5	0,171	0,018	0,016	0,013	0,686	0,121	0,006
Burdeos	3	16,5	0,215	0,014	0,022	0,008	0,306	0,093	0,005
Hamburgo, Amsterdam, Prusia, Copenhague, Stocolmo, Colonia, Stelling, Gutemberg	9	18,7	0,269	0,018	0,171	0,010	0,456	0,080	0,005
Rusia	3	10,9	0,140	0,013	0,062	0,008	0,687	0,216	0,007
Valenciennes, Dunkerque, Lila	3	9,5	0,117	0,021	0,077	0,009	0,603	0,131	0,008
Paris, Richelieu, Orleans	3	16,2	0,126	0,027	0,075	0,011	0,654	0,041	0,008
Trieste, Venecia, América	4	10,9	0,137	0,011	0,044	0,010	0,730	0,070	0,003
Totales	31	127,8	1,527	0,134	0,515	0,076	4,648	0,799	0,045
Término medio de las 31 clases	»	15,97	0,191	0,017	0,064	0,009	0,581	0,100	0,009
Despues de servir en el refino antes de circular en el comercio	»	14,2	0,123	0,013	0,022	0,005	0,774	0,054	0,009
Diferencia (*)	»	—1,95	—0,068	—0,004	—0,042	—0,004	—0,193	—0,046	+0,001

Azoe por 100 en los primeros 1,60.

(*) Los más y los ménos están señalados con signos aritméticos.

29. Comparando las sustancias contenidas en los fosfatos minerales y animales, se ve que los minerales son más ricos, y contienen algunas de que los otros carecen; esto resalta mas cuando se examinan las materias de que los vegetales están compuestos, y en particular los mas usuales en el cultivo, lo cual resulta del estado siguiente:

VEGETALES ANALIZADOS.	ÁCIDOS. Carbónico.	Sulfúrico.	Fosfórico	Cloro.	Cal.	Magnesia.	Potasa.	Sosa.	Silice.	Oxido de hierro, alúmina, etc.	Carbon, humedad y pérdida.
Patatas.....	13,4	7,1	11,3	2,7	1,8	5,4	51,5	trazas	5,6	0,5	0,7
Remolacha.....	16,1	1,6	6,6	5,2	7,0	4,4	39,0	6,0	8,0	2,5	4,2
Nabos.....	14,0	10,9	6,1	2,9	10,9	4,3	33,7	4,1	6,4	1,2	5,5
Patacas.....	11,0	2,2	10,8	1,6	2,3	1,8	44,5	trazas	13,0	5,2	7,6
Trigo (grano)...	0,0	1,0	47,0	trazas	2,9	15,9	29,5	id.	1,3	0,0	2,4
Paja de id.....	0,0	1,0	3,1	0,6	8,5	5,0	9,2	0,3	67,6	1,0	3,7
Cebada (grano)..	1,7	1,0	14,9	0,5	3,7	7,7	12,9	0,0	53,3	1,3	3,0
Paja de id.....	3,2	4,1	3,0	4,7	8,3	2,8	21,5	4,4	40,0	2,1	2,9
Trebol.....	25,0	2,5	6,3	2,6	24,6	6,3	26,6	0,5	5,3	0,3	0,0
Guisantes.....	0,5	4,7	30,1	1,1	10,1	11,9	35,3	2,5	1,5	trazas	2,3
Habas.....	1,0	1,6	34,2	0,7	5,1	8,6	45,2	0,0	0,5	id.	3,1
Judías..... ...	3,3	1,3	26,8	0,1	5,8	11,5	49,1	0,0	1,0	id.	1,1

30. Es evidente que las partes constitutivas de los fosfatos fósiles ó terrosos, responden mejor para adicionar á la tierra las sustancias contenidas en esa clase de plantas, las más comunmente cultivadas.

Aunque el objeto principal de esta Memoria se dirije, en su primera parte, á la influencia de los fosfatos terrosos en la vegetacion; la circunstancia de ir unidas á ellos otras materias necesarias á la vida vegetal hace que hable de todos, para que así se comprenda su utilidad, aunque se verá en primer término el principal objeto de este trabajo.

31. *Cantidad de materias minerales extraidas del suelo por una cosecha.* Cuando se examina con atencion la cantidad de ácido fosfórico que contienen los vegetales que la industria agrícola cultiva en mayor escala, el trigo, cebada, habas, etc., y se sabe que una cosecha normal

de cada una de esas plantas retira del suelo 18 kilógramos la primera, 7 la segunda, y 21 la tercera; se comprende con facilidad la influencia en la vegetacion de ese agente, de que tan ricamente se encuentra dotada la fosforita y otros fosfatos terrosos. La cantidad de silice, potasa, cal y otras materias, sigue esas proporciones en unos casos, y en otros las exceden en mucho, segun la clase de vegetal de que se trate; y esos resultados que enseña la ciencia, explican la práctica de la alternativa de cosechas. El siguiente cuadro, debido á los trabajos de M. Boussingault, lo demuestra.

ESPECIE DE LA COSECHA.	Cosechas secas.	Cenizas en 100 partes.	Cenizas por hectárea.	ÁCIDOS. Fosfórico.	ÁCIDOS. Sulfúrico.	Cloro.	Cal.	Magnesia.	Potasa y sosa.	Silice.	Oxido de hierro y alumina, etc.
	Kilg.	*Kilg.*	*Kilg.*	*Kilg.*	*Kilg.*	*Kilg.*	*Kilg.*	*Kilg.*	*Kilg.*	*Kilg.*	*Kilg.*
Patatas.....	3085	4,0	123,4	13,9	8,8	3,5	2,2	6,7	63,3	6,9	18,6
Remolacha.....	3172	6,3	199,8	12,0	3,2	10,4	14,8	8,8	89,9	16,0	5,0
Nabos.....	1432	15,2	108,8	6,6	11,8	3,2	11,8	4,6	41,2	7,0	1,4
Patacas.....	5500	6,0	330,0	35,6	7,3	5,3	7,6	5,9	146,8	42,9	17,2
Trigo (el grano).	1148	2,4	27,5	12,9	0,3	0,0	0,8	4,4	8,1	0,4	»
Paja id.....	2790	7,0	195,3	6,0	2,0	1,2	16,6	9,8	18,6	132,0	2,0
Cebada (grano)..	1064	4,0	42,6	6,4	0,4	0,2	1,6	3,3	5,5	22,7	0,6
Paja id.....	1283	5,1	65,4	1,9	2,7	3,1	5,4	1,8	18,9	26,2	1,4
Trebol.....	4029	7,7	310,2	19,5	7,7	8,1	76,3	19,5	84,1	16,4	0,9
Guisantes..... ..	998	3,1	30,9	9,3	1,5	0,3	3,1	3,7	11,7	0,5	trazas
Judias.....	1580	3,5	55,3	14,8	0,7	0,1	3,2	6,4	27,1	0,6	id.
Habas.....	2121	3,0	63,6	28,8	1,0	0,5	3,2	5,5	28,7	0,3	id.

32. Bien puede suceder, y sucede que los principios inorgánicos se desarrollen en el suelo agrario en que existan las materias que los contienen y que se pongan en estado de asimilacion para los vegetales, bajo la influencia de los agentes atmosféricos, segun lo han demostrado varios químicos por observaciones directas y repetidas; pero hay muchas tierras que contienen dichas sustancias en cantidad tan limitada que es necesario barbecharlas y aun dejarlas descansar dos y más años, á fin de que por el concurso de las lluvias, hielos, aire, calor, etc., se

formen las necesarias para obtener una cosecha, que de ordinario suele ser mezquina. En estos casos se ven con frecuencia cosechas de trigo, en las que la espiga ha llegado á un término regular de desarrollo, cuando el resto de la planta no tiene todavía la tercera parte de su altura normal. Si se consulta el estado que precede, se ve, que bien puede suceder que la falta de silice, de potasa, sosa, cal y magnesia, en suficiente cantidad, sea la que determine ese resultado. Tambien se observa en otros casos, que la planta de trigo llega á una altura extraordinaria y la espiga es pequeña y mal granada; esto puede atribuirse á la pobreza del suelo en fosfatos y de consiguiente en ácido fosfórico. Sin embargo, puede suceder que existan en la tierra todas las materias necesarias á la vida y buen desarrollo del trigo, tanto en el grano como en la paja, y que uno ú otro resulte ser poco ó mucho. Cuando las primaveras son húmedas, los álcalis, silicatos y fosfatos concurren más al fomento de las plantas: estas crecen con vigor, y si al llegar á la época de la formacion del grano no es favorable el tiempo, los fosfatos quedan sin actividad y la cosecha de paja es mayor; lo contrario hace variar los resultados, y explica la regularidad de las cosechas en las tierras de regadío. Para juzgar por los resultados de la vegetacion de si existen en la tierra los elementos de fertilidad requeridos, es evidente que hay que apreciar con mucha exactitud, si en el tiempo que ha durado aquella, los agentes atmosféricos han concurrido con regularidad.

33. La importancia de los abonos minerales, y en particular de los fosfatos, á que algunos químicos han dado todo el valor intrínseco para la vegetacion, en el supuesto de que la atmósfera suministra en abundancia los principios azoados, no es á mi modo de ver exacta, aunque sí de mucho valor. Por los experimentos de Mr. Brocker se sabe que toda clase de tierras contiene una cantidad de amoniaco ó azoe, suficiente para dar buenas cosechas un tiempo indefinido. Liebig nos enseña que la lluvia que cae anualmente sobre un arpent de tierra (la cuarta parte de una hectárea) lleva consigo lo menos 40 kilógramos de amoniaco, y por consiguiente 33,8 de azoe, lo cual equivale á la fertilidad necesaria para una gran cosecha. Aunque sea exacto, pues esos hechos están justificados por Barral, Boussingault y otros, y se considere

una explicacion científica de las ventajas de hacer porosa la tierra por medio de las labores, para que, segun Saussure, absorba el amoniaco de la atmósfera; hay muchos que creen, y yo soy de su opinion, por convencimiento práctico, que es indispensable emplear los abonos azoados, pues estos actúan, no por la existencia de ellos en una cantidad limitada á las necesidades fundamentales de la tierra, sino por su abundancia, capaz de suministrarlo á las plantas, á fin de estimularlas en su crecimiento, y que sea mas activa la elaboracion y asimilacion de las sustancias minerales. La ciencia y la práctica están contestes, en que el empleo de los abonos orgánicos é inorgánicos, da por resultado abundantes productos; pero que si cualesquiera de ellos escasean, y se añade á la tierra el que más abunda en ella, ninguna influencia ejerce, y esta no produce como en el otro caso. Mr. Kuhlmann ha demostrado la utilidad de los fosfatos unidos á los compuestos azoados, como medio de que aquellos estén en buenas condiciones de solubilidad. El amoniaco propio para constituir la planta, en las partes animales de que se compone, los fosfatos y sales que hace solubles el sulfato de amoniaco, el ácido carbónico y el carbonato de amoniaco, colocan á los vegetales en condiciones tan favorables y demostradas tantas veces, que me parece innecesario repetirlo. «Los fosfatos se disuelven en el agua que contiene sulfato de amoniaco con la misma facilidad que el yeso,» dice Liebig.

34. Los fosfatos terrosos se encuentran en las tierras labrantías, en las que la fuerza vital ha desaparecido, diseminados en más ó menos cantidad. El agua cargada de ácido carbónico efectúa su disolucion con lentitud y de tal manera, que segun la cantidad que se extrae con las cosechas, es necesario adicionarlos con los abonos: en el mismo caso se encuentran las otras sustancias. La ciencia agrícola ha demostrado la gran economía de producir en abundancia y contínuamente, es decir, sin la intermision de los barbechos de reja; y para seguir ese principio, de que depende el bienestar de la sociedad, es necesario que los abonos secunden esa idea de actividad. Así los fosfatos entran en accion con más prontitud, y sus resultados son más provechosos, si se emplean mezclados con sustancias azoadas, que activan su disolucion, que cuando se usan solos. Muchos experimentos han demostrado que

los fosfatos mezclados con los estiércoles y orina, producen mejores resultados que solos. Lo mismo sucede mezclándolos con el guano, por partes iguales, con lo cual rinden una tercera parte mas que cada uno separadamente.

Aunque dos abonos de igual composicion puedan tener el mismo valor comercial por sus cualidades intrínsecas, el más activo, el que en período más corto rinda á la labranza la misma suma de productos, tiene á mi juicio mayor valor agrícola; y en este concepto ningunos mejores que los fosfatos terrosos mezclados con el estiercol y demás sustancias que activan la solubilidad de las materias en ellos contenidas y asimilables á los vegetales.

36. Las cenizas de los cereales contienen segun Liebig:

	TRIGO.	CENTENO.	GUISANTES.	HABAS.
Fosfato de potasa.....	52,98	52,91	52,78	68,59
id. de sosa.....	»	9,27	5,67	»
id. de cal.....	5,06	5,21	10,77	7,35
id. de magnesia..	32,96	26,91	13,78	21,11
id. de hierro.	0,67	1,88	2,46	»
	91,67	96,18	85,46	97,05

Examinando con atencion este cuadro, se concluye por comprender la suma importancia de los fosfatos en el cultivo de cereales, y la necesidad de alternarlos con plantas tuberculosas ó yerbas en que dichos principios entran en menor escala.

37. A mi juicio, los buenos resultados que se obtienen haciendo que se sucedan el trigo y cebada, las habas ó guisantes, en el cul-

tivo en grande, y en el pequeño, los tubérculos y raices, no es solo debido á la diferencia de cantidades de fosfatos que unas ú otras plantas extraen de la tierra, sino tambien y principalmente á que las habas, guisantes y tubérculos se labran mientras dura la vegetacion, sus hojas absorben más abonos atmosféricos, y de la diferencia de clase de planta y condiciones en que la tierra se encuentra, resulta la ventajosa aplicacion de la alternativa. Liebig dice: «Las cantidades de azoe y carbono absorbidas por las plantas, están en relacion con la superficie de sus hojas.»

El terreno puede ser esteril aunque sea abundante en silicatos y álcalis, si no contiene los sulfatos y fosfatos que las plantas necesitan para su desarrollo. Tambien puede suceder que contenga fosfatos de cal y de magnesia en cantidad bastante para producir una cosecha de patatas, y sin embargo, sea pobre para darla de trigo. El tiempo trascurrido entre la siembra de una á otra planta y la accion contínua de los agentes naturales, hace que las materias asimilables al uno ú al otro vegetal, se encuentren en las condiciones convenientes. En todos casos se observa utilidad en hacer que alternen en el cultivo los vegetales compuestos de materias diferentes; y que sigan los que más fosfatos requieren á los que se desarrollan con menos.

38. En el último estado se nota que el fosfato de potasa es el que domina, y sigue el de magnesia y en algunas plantas el de cal, como sucede en los guisantes, habas y trigo, al paso que el de sosa es mayor en el centeno. Segun las observaciones de Bergmann, la magnesia puede sustituir á la cal, y teniendo más afinidad por el agua hace las tierras más frescas, ligeras y accesibles á los agentes atmosféricos. El limo del valle del Nilo, cuya fertilidad es conocida de todos, y el de las ramblas de Nijar y Lorca, contienen magnesia en la proporcion de 8 á 12 por 100. Sin embargo, un exceso de este mineral hace la tierra esteril, ó que rinda cosechas limitadas; como sucede siempre que uno de los componentes del suelo, existe en excesiva cantidad. La potasa que en tan grande proporcion resulta, no todas las veces se encuentra en cantidad notable en las tierras de labor. La falta de este álcali, determina la gran fertilidad que proporcionan las cenizas empleadas como abono; y al contra-

rio cuando la contiene el suelo en abundancia, no produce ningun efecto. Sabido es que la adicion de un abono mineral es importante cuando escasea en la tierra cultivada, y que su accion es nula, si lo contrario tiene lugar. De esto depende la diversidad de opiniones de los prácticos sobre el uso de abonos minerales.

39. En todas ocasiones hay que convenir con Liebig, que en una tierra rica por completo en elementos minerales para la nutricion de las plantas, el producto no aumenta por la adicion de sustancias del mismo género.

40. Los depósitos de turba, que abundan en España, son una fuente inagotable de silicatos alcalinos, principios indispensables para la formacion de las plantas de cereales. Yo he hecho un tanteo de averiguacion de las materias contenidas en las cenizas de las turbas, que se encuentran en los Ojos del Guadiana, y resulta que contienen de 5 á 7 por 100 de potasa y sosa, y de 3 á 5 de magnesia. El resto se compone de sílice, carbonato de cal, alúmina y ácido sulfúrico. La materia combustible ú orgánica varía en términos que hay sitios en que 100 partes dejan por la calcinacion 3, y otros hasta 15 por 100 de cenizas.

Conocida la influencia de los fosfatos terrosos en la vegetacion, pues componen la mayor parte de las materias minerales de las plantas cultivadas, pasaré á examinar los resultados prácticos que prueban la importancia que la ciencia les concede.

II.

Utilidad del empleo de los fosfatos terrosos en el cultivo de los cereales y raices.

41. Si la ciencia da reglas para la práctica, y esta puede marchar con más desembarazo cuando se guia por ella; tratándose de la agricultura y de sus resultados económicos, los que están fortificados por la experiencia adquieren mas importancia y se admiten con más facilidad por los labradores, que en su mayor parte no alcanzan á interpretar las teorías científicas. De un ensayo ejecutado en una maceta, por

un químico ó botánico hábil, no puede resolverse por completo el problema que la práctica de la labranza deba admitir sin reserva. Las condiciones con que en uno y otro caso se obra difieren de tal suerte, que si bien el primero puede servir de guia sin la confirmacion del segundo, no es posible admitir en principio, hechos que de ordinario no pasan de curiosidades científicas. No es mi ánimo quitar el valor que tienen los experimentos de Mr. Boussingault y otros ilustrados agrónomos, que de ensayos ejecutados en macetas para flores, han sacado consecuencias, que despues la labranza ha confirmado. Pero la experiencia propia me ha enseñado, que muchos ensayos que en pequeño obtienen buen éxito, en campo abierto, donde es difícil conocer la composicion del suelo generalmente hablando, y dirijir la vegetacion con los cuidados que permite una maceta, los resultados varian de tal manera y por causas tan diversas, que suelen ser negativas las esperanzas más lisonjeras y mejor fundadas.

42. Esto se observa habiendo seguido con el interés que merece la discusion habida sobre la solubilidad de los fosfatos fósiles. Mr. Payen dijo en 1851 (1), que dichos fosfatos eran insolubles, que en Inglaterra no se empleaban, y que se habia abandonado su uso y sustituido con huesos pulverizados. Tambien Mr. Bobierre dijo que el uso de los fosfatos fósiles era nulo por ser insolubles; y despues, que habiendo empleado en polvo fino la fosforita, en el cultivo del trigo en campo abierto, tenia que confesar que los ensayos de gabinete le daban un resultado diferente; que los fosfatos bajo la influencia del aire se disuelven y son asimilables por los vegetales. Estos hechos y otros mil que pudiera citar, disculparán mis reservas que me hacen apartar la vista de aquellos trabajos que procedan de experimentos de jardin y de laboratorio, entre los que pudiera contar algunos mios, que si bien importantes para la ciencia, no están confirmados por la práctica de la labranza. Sobre los que esta tenga ejecutados son sobre los que voy á tener el honor de llamar la atencion de los ilustrados indivi-

---

(1) Los abonos en Inglaterra.

duos de la Academia, en la creencia de que así interpreto mejor sus intenciones.

45. *La fosforita de Logrosan empleada como abono.* La Inglaterra, esa nacion para la que no hay distancias ni dificultades, cuando se trata de resolver un problema de utilidad comercial ó agrícola, ha sido la primera, que yo sepa, que ha ensayado el fosfato nativo conocido con el nombre de fosforita de Logrosan en nuestra pátria, de la que se ha ocupado antes que el Dr. Daubeny, Mr. Drapier (1). El Dr. inglés dice, que en tierra de buena calidad y en buen estado de labor, empleó la fosforita pulverizada, comparando sus efectos con el guano, nitrato de sosa, huesos pulverizados y estiércol. Las plantas cultivadas fueron cebada y nabos. En los nabos empleó 15 hectólitros de polvo de fosforita por hectárea (2), que produjo doble que la tierra sin abonar, y una tercera parte menos que la estercolada con 50.000 kilógramos de estiércol de cuadra bien elaborado. Adicionando á la fosforita la mitad de su peso de ácido sulfúrico, el producto fué mayor. En este caso se obtuvo un noveno menos que cuando se emplearon 300 kilógramos de guano nativo (3), un producto igual al que resulta con 180 kilógramos de nitrato de sosa, y un séptimo menos que con 120 kilógramos de sulfato de amoniaco.

Sensible es que con estos datos no aparezcan los indispensables para apreciar científica y prácticamente el valor de fertilidad de la fosforita, pues no diciendo el producto obtenido con ella, el más ó el menos resultado de los otros abonos no puede calcularse; sin embargo, trataré de averiguarlo por induccion. Tambien debiera saberse la composicion mineral de la tierra, para poder juzgar la influencia de cada uno de los abonos.

44. *Valor de la fosforita comparada con el estiércol.* De lo dicho en el párrafo anterior resulta, que 15 hectólitros de polvo de la fosforita

---

(1) Mineralogia usual, año de 1826.

(2) Los ingleses dicen, que cuanto mas fertil sea la tierra mas abonos necesita.

(3) El guano nativo produce mas fertilidad que el del comercio.

equivalen á 33.334 kilógramos de estiércol (pues produjo una tercera parte menos que 50.000), que hacen 3.000 arrobas, ó sean 300 cargas de 10 arrobas. Si se averigua el valor del estiércol y los gastos de trasportarlo á la tierra, así como el de los 1.500 kilógramos de fosforita, ó sean 15 hectólitros, resulta: que 1 kilógramo de esta equivale á 22 de aquel, ó sean 100 kilógramos de fosforita valen tanto, por su fertilidad, como 2.200 de estiércol. Los 100 kilógramos equivalen á 9 arrobas; los 2.200 hacen 154; luego para trasportar los primeros se necesita una caballería, y para los segundos 17, ó lo que es lo mismo, que los gastos de trasporte están en la proporcion de 1 á 17.

45. Aunque Burger, Gasparin y Kessig están en desacuerdo sobre la cantidad de trigo que representan 1.000 kilógramos de estiércol, puede admitirse el término medio de sus cálculos como representando 7 kilógramos, 7 litros de trigo, por 100 de estiércol. En este supuesto, los 33.334 representan 2.331 kilógramos de trigo, ó sean 56 fanegas de 90 libras una, que á 50 rs. suman 2.800. Rebajando de estos 1.680 rs. por el 60 por 100 de gastos de cultivo, resultan 1.120, que es el valor líquido del producto obtenido con los 15 hectólitros de fosforita, como equivalentes á 33.334 kilógramos de estiércol normal. Segun estos guarismos, cada hectólitro de polvos de la fosforita representa un producto líquido de 74 rs. 66 céntimos, y en trigo 3 fanegas 73 céntimos.

46. Sabida la abundancia de ese fosfato en Extremadura, y que los gastos de pulverizarlo, tratarlo por el ácido sulfúrico, empaquetarlo en sacos y la ganancia consiguiente de la fabricacion, todo puede hacerse al máximum por 73 rs. los 100 kilógramos, que es el precio de algunos puntos del extranjero, quedan 57 rs. 66 céntimos, cantidad más que suficiente para que puedan circular, con ventajas, por toda España, llegando cuando más á 40 rs. los 100 kilógramos, y quedando 34 y 66 céntimos de utilidad para el labrador.

47. El precio máximum á que pueden llegar los fosfatos terrosos de Extremadura en los puntos apartados de las fábricas, resultaria de los trasportes, pues al pie de fábrica no podrá exceder del término medio de las extranjeras, el cual es el siguiente:

Nantes y Rennes, 32 rs. los 1.000 kilógramos; Inglaterra, en los puertos, 160 rs. los 1.000 kilógramos.

El precio medio es 96 rs. los 1.000 kilógramos, ó sean 9 reales 60 céntimos el hectólitro (100 kilógramos); quedan para los trasportes, suponiendo se pagasen á 40 rs., 30 rs. 40 céntimos, cantidad más que suficiente para atravesar toda España con ventajas de la fabricacion, de la labranza y del comercio.

Hay que tener presente, que los efectos de los fosfatos terrosos los he apreciado por sola una cosecha, y la práctica ha enseñado que duran tres años, empleados en la proporcion de 6 hectólitros por hectárea. En el ensayo de Mr. Doubeny se echaron 15, lo cual ha hecho bajar las utilidades y aumentar los gastos en un doble; pero teniendo esto presente, y resultando utilidad, es más seguro el cálculo que he formado (44).

48. *Valor de la fosforita comparada con el guano.* El Dr. Doubeny dice, que el producto de los 15 hectólitros de polvo de la fosforita, fué menor en un noveno que el de 300 kilógramos de guano nativo, es decir, igual á 266 kilógramos 70 gramos. Esta clase se paga en Inglaterra hasta 320 rs. los 100 kilógramos, y su producto, segun los agrónomos ingleses y franceses, equivale al de 40.000 kilógramos de estiércol. M. Bodin lo ha obtenido con 250 kilógramos de esa clase de guano, 2.720 kilógramos de trigo, que hacen 389 más que en el caso anterior. Pero hay una diferencia muy notable entre el empleo del guano y del fosfato terroso, de que me vengo ocupando: los efectos de este duran tres años en la tierra, estando probado que los del guano se consumen en uno. Así, para abonar 1 hectárea de tierra con guano nativo, se necesitarán 848 rs. y durará un año; verificándolo con los fosfatos en la dósis de 6 hectólitros y supuesto el precio de 40 rs., serán 240, ó sean cada un año 80 rs.. en cuyo caso resulta una economía de 768. Suponiendo se empleen los 15 hectólitros que sirven de base en la comparacion, y que valen 600 rs., duran tres años; aunque sea más, será el año comun 200 rs., y la economía de 648. Estos resultados han influido para que la Inglaterra dé la importancia que merecen los fosfatos terrosos, independientemente de la facilidad de encon-

trarlos en el pais y de que la agricultura reclama materias fertilizantes en abundancia y baratas, cuyas cualidades no acompañan á los guanos naturales, que no está lejos el dia que se acaben.

49. El Gobierno peruano ha bajado recientemente 400 rs. por tonelada al guano expedido para Europa, en vista de la importancia creciente que toman los fosfatos fósiles, cuyo consumo en Inglaterra se calcula en 30.000.000 de kilógramos, que han reducido en esa proporcion la introduccion de guano. Pero este bajará de precio, y su mayor consumo terminará con él. Además, una gran estension de terreno de arena y arcilla, que era estéril enteramente, en las costas del Perú, el guano lo ha fertilizado y necesita el pais seguir usándolo.

50. *Valor de la fosforita comparada con el nitrato de sosa.* El nitrato de sosa se usa en Inglaterra como abono, y los experimentos de Mr. Boussingault, son una de las muchas pruebas de los descubrimientos útiles de que la agricultura le es deudora. Los 180 kilógramos empleados por el Dr. Doubeny, para comparar sus efectos con los 15 hectólitros de polvo de la fosforita, dieron igual resultado que ella. M. Woghte (1) observó, que 5 kilógramos 5 granos equivalen en sus efectos á 1.000 kilógramos de estiércol normal. M. Charterley, en los experimentos que ha ejecutado con los nitratos (2), dice que 103 kilógramos empleados en 1 hectárea de tierra, produjeron 1.762¹ kilógramos de trigo; luego los 180 usados por el Dr. Doubeny debieron producir 2.313 kilógramos, ó sean 18 menos que resultan de la primera operacion, lo cual no hace variar aquellos cálculos. Los 180 kilógramos cuestan en Inglaterra 500 á 600 rs., sean 550; sus efectos duran una cosecha; luego es más caro el nitrato de sosa que los fosfatos en 350 rs.

51. *La fosforita comparada con el sulfato de amoniaco.* Kuhlmann, Charterley y otros han extendido la aplicacion de las sales amoniacales como abono para la agricultura; pero sú alto precio no permite efectuarlo con la economía que exije la labranza. Sin embargo, mi deseo

---

(1) Sammlung landwithschaftliche.

(2) Memorias de la Sociedad de química de Londres, t. 1.

de averiguar y justificar lo que nos ha dicho Doubeny comparando la fosforita, me hace terminar este párrafo de sus ensayos con los diferentes abonos. Los 15 hectólitros de polvo de la fosforita dieron un producto igual á un séptimo menos que 120 kilógramos de sulfato de amoniaco; es decir, á 103 kilógramos. Charterley dice, que 25 kilógramos de sulfato de amoniaco producen 1.491 kilógramos de trigo: luego los 103 valen como 5.964 kilógramos de trigo, ó 79 hectólitros. Esta operacion excede de las anteriores en más de un doble; pero consiste en que esta sal actúa en la tierra mas de una cosecha, y no se usa en cantidades tan considerables como lo hizo Mr. Doubeny. Los 103 kilógramos de sulfato valen tanto como los 180 de nitratos; resultan ser más baratos, por durar tres años; pero siendo cada uno 183 rs. 33 céntimos, y el costo de la fosforita 80, hay 103 rs. 33 céntimos de economía. Además, si se adoptara el sulfato de amoniaco como abono en grande escala, su precio subiria de tal suerte que imposibilitaria su uso. Hay otra circunstancia que lo separa del cultivo en general; la necesidad de emplearlo disuelto en agua, lo cual lo limita al cultivo de las tierras regables.

52. *Empleo de la fosforita en la produccion de cebada, comparando su producto con otros abonos.* La fosforita española, dice el autor inglés, produjo tanto como el fosfato de huesos aplicado en la misma dósis al cultivo de la cebada. Se calcula que 150 kilógramos de polvo de huesos, ó fosfato animal, producen tanto como 100 de guano; luego 150 de fosforita valen tanto como 100 de guano en la produccion de cebada. Aunque supongamos que el guano fuera de la misma clase que el usado para los nabos, queriendo que mis cálculos no tengan nada de exajerados, antes por el contrario, sean en lo posible aproximados á la verdad, estableceré el precio á que se vende en el comercio, aunque segun he dicho, no es de la calidad que debiera tener si no se adulterase. El precio del guano es 100 rs. los 100 kilógramos, cuyo valor en abono es equivalente á 150 de fosforita, la cual seria preciso que se vendiera á 66 rs. 66 céntimos los 100 kilógramos para que tuviese el mismo valor que aquel. Pero como el precio á que la agricultura puede adquirir en España el fosfato estremeño es cuando

mas 40 rs., hay siempre una economía de 26 rs. 66 céntimos, y además la seguridad de obtenerlo en las cantidades necesarias, lo cual no es probable con la otra clase de abonos.

En Inglaterra se venden tres clases de huesos pulverizados, y la primera es á 60 rs. el hectólitro: en este supuesto, y contando que se emplearan 15 hectólitros, resulta una economía de 300 rs., suponiendo que fuese el mismo el precio en España, y 40 el de la fosforita.

53. *Experimentos comparativos de la fosforita con otras clases de abonos.* En el Colegio agrícola de Circucester (Inglaterra), se han hecho experimentos minuciosos y directos por el profesor Vœcker, á fin de comparar el valor agronómico de la fosforita. Dividido un terreno de mediana fertilidad en diez partes iguales de 5 áreas, se abonaron con diez clases de abono distinto, arreglando la cantidad de cada uno á que costase 25 rs. El resultado fue el siguiente, aplicado al cultivo de nabos.

ABONOS.	PRODUCTO EN QUINTAL.	
	De las 5 áreas.	Por hectárea.
Guano	1.433	28.660
Guano y fosforita mezclados	1.101	22.020
Polvos de huesos	1.100	22.000
Superfosfato id.	1.700	34.000
Abono económico	751	15.020
Orujo de nueces	1.250	25.000
Fosforita disuelta	1.450	29.000
Suelo sin abonar	650	15.000
Pudreta del comercio	1.150	21.000
Mezcla de sebo, guano, fosforita, y superfosfato de huesos disuelto	1.250	25.000

El exámen de esos guarismos demuestra, como dice Mr. Trehounais, que la fosforita tiene ya adquirido el lugar de un abono de primera clase, y que como tal debe considerarse, y no como un correctivo. Efectivamente, se vé que su producto excede al del guano, y que es superior al de todos los otros abonos, excepto al de superfosfato de huesos.

54. Aunque satisfactorios esos resultados en favor de la importancia de los fosfatos terrosos, en el planteamiento de los ensayos, tanto en el del Dr. Doubeny como en el que precede, se nota falta de datos que no pueden suplirse. No basta, á mi juicio, decir que una tierra es medianamente fértil; no es suficiente tampoco anunciar que es fértil; y es muy ambiguo partir del valor de 25 rs. de abono para 5 áreas, limitando asi el conocimiento mas importante, cual es: saber en qué proporciones de cada una de las materias empleadas resulta el producto señalado. Definiendo el valor de cada clase de abono, es claro que por 25 rs. se pudo obtener una dósis excesiva en una clase, cuando de las otras pudo ser insuficiente. Yo creo, que para ensayar abonos no debe hacerse sin prévio análisis de la tierra en que se apliquen, y usando en ella la cantidad de cada uno, segun sea necesario, sea cual fuese su valor metálico. Tampoco creo suficiente un ensayo solo y en una clase de tierra, para resolver cuál de los abonos es mas útil, pues bien puede suceder que entre los empleados domine la sustancia de que más carezca el suelo, que los otros contengan las que no le hacen falta, y de consiguiente el resultado es dudoso.

Aunque está probado que los fosfatos terrosos producen escelentes resultados en toda clase de tierras; en Inglaterra están considerados como muy á propósito para aquellas medianamente fértiles, deleznables, y que sean adecuadas al cultivo del trigo y cebada. En Alemania se emplean indistintamente en toda clase de tierras y cultivos; pero donde se prueba todo el valor agronómico de los fosfatos es en las tierras en que la materia caliza es poca, como sucede en las cercanías de la Córte, en las tierras areniscas.

55. *Valor de los fosfatos terrosos, comparados con los fosfatos animales.* Los experimentos ejecutados en las landas de la Sologne por

Mr. Leconteur, antiguo director de cultivos del Instituto de Versalles, confirman lo que he dicho (52). En terreno silíceo, arcilloso, sin ninguna muestra de cal, dos hectáreas de tierra recibieron una cantidad de abono de negro animal azoado equivalente á 520 rs., ó sea cada una 260. Otras dos en las mismas condiciones, se les echó 240 rs. de fosfato mineral, sea 120 por hectárea. Las cuatro se sembraron de centeno, el producto fue igual en todas, 25 hectólitros por hectárea; pero adviértase, que á productos iguales el fosfato mineral costó 120 rs. y el animal 260, ó lo que es lo mismo, 140 rs. más.

56. *Fosfato terroso en el cultivo de trigo y vallico.* Mr. Jamet, en terreno franco, silíceo arcilloso, calizo, bien cultivado, ha echado á razon de 300 kilógramos por hectárea de fosfato mineral, y en una parte de la tierra nada; sembrado de trigo, en la parte abonada tuvo una cosecha regular, y en la sin abonar apenas se desarrollaron las plantas. Al siguiente año sembró vallico (ray-grass), y la tierra abonada manifestó los efectos de fertilidad, mientras la otra apenas dió vida á esa planta que con tanta facilidad se desarrolla.

57. *Ensayos pendientes.* El marqués de Vibraye emprendió en grande escala el ensayo de los fosfatos terrosos, comparando sus efectos con los otros abonos en una superficie de 20 hectólitros. La Sociedad imperial y central de Agricultura encargó que dieran cuenta de sus resultados á varios individuos de su seno, entre los que se cuentan MM. Payen, Boussingault, Moll, Barral, etc. No conozco el resultado y lo siento, pues debe ser de importancia para la práctica del cultivo. Tal vez, habiendo empezado el año 1859 no hayan dado por terminado el ensayo.

58. He expuesto, aunque lacónicamente, cuanto he podido averiguar sobre la influencia de los fosfatos terrosos en la vegetacion, y las ventajas obtenidas con su empleo. Tengo un gran pesar en no poder referir nada ejecutado con tal objeto en nuestra pátria; todo es extranjero, si bien puedo decir, que las provincias de Almería, Murcia, Granada, etc., empleando, como lo hacen, las aguas turbias que corren por las ramblas y arroyos emplean los fosfatos; y esto lo prueba la gran fertilidad de sus aguas, en particular las de Nijar y Lorca. En ellas

vienen disueltos restos fósiles y esquistos, que un tanteo de análisis que he podido hacer en ambos puntos, me permite afirmar que contienen fosfatos, silicatos y nitratos, cuyas materias abundan en los terrenos superiores. Nadie, que yo sepa, ha analizado esas aguas, ni ha averiguado los compuestos de los materiales que la accion contínua de los agentes atmosféricos proporciona para abonar los terrenos inferiores. Yo puedo decir que he visto en tierras regadas con el torquin (así llaman las aguas cargadas de sedimentos terrosos), matas de trigo que contenian 80 espigas de un solo grano; pies de cebada con 120 espigas; y matas de vallico con 525 tallos. El maiz y panizo se multiplican con prodigiosa facilidad en estas tierras; y todo prueba la gran riqueza de fosfatos terrosos, tan necesarios á los cereales.

59. La formacion cambriana, que constituye los puntos culminantes del campo de Nijar, se encuentra mezclada en su base con frecuentes bancos de caliza conchífera marina. La estructura pizarrosa fina de las partes altas es abundante en nódulos y magnesia, suave al tacto, y puede considerarse en muchos puntos como el tránsito á la pizarra talcosa. En esas condiciones de rápidas pendientes y minerales fáciles de descomponer, sus detritus están compuestos de fosfatos, sílice, magnesia, alúmina y óxido de hierro procedente de los terrenos esquistosos, y carbonato de cal, algo de fosfato, etc., de las calizas conchíferas; y claro es que las aguas turbias contienen los elementos de la mayor fertilidad. Esta se aumenta, porque en las tierras sujetan el agua con grandes caballones, y reciben los riegos hasta de 50 centímetros de altura. Cuando esos elementos concurren, la produccion es tal, que nada hay con que compararlo en nuestro pais. El valor de las tierras está en relacion de la fertilidad que pueden añadirlas por medio del riego con aguas turbias, que es un abono líquido natural que deja en ellas hasta 1 decímetro de sustancias fertilizantes, capaz de producir muchos años, si el pais no escaseara de aguas, lo cual hace repetir los riegos cuantas veces corran las ramblas.

60. *Aprovechamiento de los torquines.* He dicho que los sedimentos de las pizarras magnesianas y talcosas, así como las calizas conchiferas marinas, se aprovechan en las costas del Mediterráneo en muchos pun-

tos, regando con las aguas que los arrastran en los aluviones; pero tambien se emplea el limo procedente de ellos, y produce un gran efecto, en particular en las tierras arcillosas ó silíceas puras. Aunque los nódulos sean de difícil disolucion, el ácido carbónico y el agua los descomponen en partes muy imperceptibles, pero suficientes para que contengan una cantidad de consideracion los aluviones que arrastran las partes disueltas de una inmensa superficie, y que despues riegan un número limitado de fanegas de tierra. Tal es lo que sucede en Almería y Lorca, en los puntos intermediarios, y siguiendo la costa hasta Cartagena, en una zona de algunas leguas tierra adentro. Sin los riegos de aguas turbias la tierra es estéril. Debido á la fertilidad, que los sedimentos se aplican sin el riego, y los depósitos de los recipientes y alveos de las ramblas se emplean como abono, con buenos resultados.

Los tornos de las ramblas tienen sitios donde se han formado vallados que detienen las corrientes y hacen que se deposite gran cantidad de limo, con el cual se forma despues una tierra á propósito para una huerta abundante en frutos de todas clases. Sin los sedimentos acumulados, no existiria planta alguna, no por falta de suelo, sino porque generalmente es arcilla ferruginosa pura, estéril.

61. Demostrado por la experiencia, y explicado por la teoría científica la existencia de una fertilidad conocida en los terrenos compuestos de nódulos, pizarra magnesiana y calizas conchíferas, mezclando sus partes solubles, claro es que el arte sacaria grandes beneficios utilizando elementos para la elaboracion de abonos aplicables al cultivo de la tierra.

62. Mr. de Saussure, Boussingault y otros, han observado que los fosfatos son despues de los álcalis, el alimento más abundante de las plantas en estado herbáceo; que las hojas contienen más fosfatos en el principio de su desarrollo que en las épocas posteriores á la vegetacion; que disminuye en las cenizas de las plantas anuales despues del momento de la germinacion hasta la florescencia, y que aumenta en la época de la madurez del fruto. Esto demuestra la necesidad que tienen las semillas de encontrar en la tierra fosfatos, para que el primer período de su desarrollo sea rápido, y que esas sustancias estén á su

disposicion cuando florecen y granan las simientes. Sin esas condiciones, puede suceder, y sucede con frecuencia, que el primer período es completo, y el segundo termina mal por la falta del concurso de las sustancias necesarias al efecto, segun he hecho observar (32).

Señalados los ensayos ejecutados con el fin de determinar la influencia de los fosfatos terrosos en la vegetacion, manifestado su uso y economía que resulta con relacion á los demás abonos conocidos, demostrada su importante aplicacion desde tiempo inmemorial hasta nuestros dias, conveniente será tratar de cada uno por separado.

III.

Influencia de los fosfatos de cal, potasa, magnesia, sosa y amoniaco en la vegetacion.

63. *Fosfato de cal.* He manifestado que los fosfatos terrosos empleados como abono, aumentan las buenas condiciones de fertilidad de la tierra, las cosechas son mayores, y los frutos de mejor calidad. Aplicados al cultivo de las raices y tubérculos, aceleran la vegetacion, las dimensiones son mayores, las hojas más robustas, y menos expuestas á ser atacadas por los insectos.

En la siembra de cereales aumentan las dimensiones de toda la planta; el grano se presenta más granado y lustroso y en mayor cantidad. Mr. Dubois dice haber obtenido con los fosfatos empleados en tierras arcillosas silíceas, centeno de 2 ½ metros de altura, con espigas de 14 á 19 centímetros de largas; el trigo de 2 metros y espigas de 15 á 20 centímetros, siendo el producto 30 hectólitros el trigo y 60 el centeno.

Seria nunca acabar la enumeracion de los hechos que demuestran la importancia de los fosfatos en la agricultura, ¿pero cómo actúan en la vegetacion? De esto voy á ocuparme aunque ligeramente, segun creo convenir á este trabajo.

64. El fosfato de cal pasa á las plantas disuelto en el agua cargada

de ácido carbónico, se disuelve en el agua que contiene sal marina ó amoniacal. Se encuentra generalmente en casi toda clase de tierras en proporciones varias, siendo una cosa demostrada, que las calizas son las que muestran más abundancia, y la razon porque aquellas no se benefician tanto con esta clase de abono. El fosfato de cal puro no produce todos sus efectos si en la tierra no se encuentran los otros fosfatos, y el ácido fosfórico, en cantidad bastante para formar la fibrina y caseina vegetal.

65. El fosfato de cal, así como el de magnesia, dice Kuhlmann, puede ser absorbido por las plantas en estado de disolucion en el agua cargada de ácido carbónico ó bicarbonatos alcalinos, pudiendo ser el resultado de una doble descomposicion por la aspiracion simultánea de las dos sales solubles de cal y de magnesia, y de fosfato de potasa, sosa ó de amoniaco.

La existencia del fósforo y del azufre en los vegetales, explica la necesidad de los fosfatos y sulfatos. Un kilógramo de huesos contiene tanto fosfato de cal como 100 kilógramos de trigo, dice Gasparin; y me parece suficiente demostracion para admitir toda la influencia de ese agente en la produccion vegetal, que lleve á la tierra en uno de fertilidad, ciento de produccion. Pero téngase presente, que si cada kilógramo de huesos contiene tanto fosfato como 100 de trigo, es claro que son necesarios 100 kilógramos de trigo para formar 1 de huesos; y de aquí resulta que las tierras destinadas á la cria de ganados, pierden esa fertilidad si no se abonan con el equivalente que estos extraen por medio de lo que consumen, y en particular cuando se alimentan con heno ó forrajes segados.

66. El fosfato de cal se compone, segun Berzelius:

Acido fosfórico.	48,34 = 5	átomos.
Protóxido de calcium.	51,66 = 8	—
	100	

Tratado por el ácido sulfúrico concentrado, se trasforma en sulfato de cal poco soluble, y en bifosfato muy soluble. La adicion del ácido sulfúrico le hace activar la vegetacion y suministra á la tierra el sulfato de cal, que tan importante es en algunas.

67. Segun Gasparin, 100 kilógramos de trigo extraen de la tierra 1 kilógramo 58 gramos de ácido fosfórico; y 20 hectólitros, 24 kilógramos 65 gramos: luego en una hectárea de tierra que se haya de adicionar esa cantidad de ácido fosfórico, se necesitan echar 500 kilógramos de fosfato de cal.

68. *Fosfato de potasa y sosa.* Segun se ha visto (56), los cereales contienen en su composicion 52,78 de fosfato de potasa. La sávia de todos los vegetales ricos en materia azucarada ó de fécula y la de las plantas leñosas encierran una gran cantidad de potasa y sosa. Sus funciones en la organizacion vegetal son indispensables para la produccion de ciertas combinaciones. La potasa y sosa, combinadas con los ácidos orgánicos, sirven para llevar á término algunas funciones de la vida vegetal.

69. Las uvas verdes, que por su acidez no pueden comerse, tienen la facultad, como las hojas, de absorber el ácido carbónico y emitir el oxígeno, y el azucar aumenta en proporcion que el ácido disminuye. Siendo una verdad que los ácidos sirven de intermediarios en la formacion de la fécula y del azucar, hay que considerar los álcalis, y las bases alcalinas, en general, como necesarios para la produccion de los principios vegetales no azoados, pues los ácidos rara vez se encuentran en estado libre en las plantas cultivadas; y no se produciria fécula, azucar ni goma, en los frutos donde los ácidos se presentaran fuera de la combinacion salina. El azucar y la fécula van siempre acompañados de sales formadas por ácidos orgánicos; la falta de la base alcalina suspende el desarrollo de esas partes importantes de los vegetales, que bajo la influencia de los álcalis y la mediacion de los ácidos tienen lugar en su formacion. La facultad que tiene una parte vegetal de entretener la vida animal, de aumentar la masa de su sangre y de su carne, está en razon directa de la proporcion de los principios orgánicos que contiene, como tambien de los álcalis, fosfatos y

cloruros necesarios para la trasformacion de esos principios en sangre, segun Liebig.

70. Las simientes que contienen los fosfatos en más abundancia, así como las frutas, son las que encierran más riqueza de principios orgánicos sanguifiables: al contrario en los tubérculos y raices, en que esos principios se encuentran en pequeña escala, las sales minerales existen en menor cantidad. El maiz, nabos, remolacha, patatas, etc., contienen de 71,00 á 84,30 de potasa y sosa. Sabido es que la sosa sustituye algunas veces á la potasa, y de aquí en todos casos la importancia del uso de los álcalis en los abonos, y más cuando se encuentran tan abundantes medios de verificarlo, segun he dicho.

71. Una cosecha de trigo que llegue á 35 fanegas por hectárea (20 hectólitros), extrae de la tierra 33 kilógramos de potasa y sosa, segun Gasparin. Si á la tierra no se le restituye por medio de los abonos esa cantidad de álcali, tarde ó temprano se esteriliza.

72. Segun los cálculos de Mr. Houzean, las plantas siguientes extraen por hectárea las cantidades de álcali y ácido fosfórico que se indican.

	ALCALI.	ACIDO FOSFORICO.
Patatas.....	63	14 kilog.
Remolacha.....	90	12
Trigo y paja.....	27	19

73. *Fosfato de magnesia y de amoniaco.* Los fosfatos de magnesia se disuelven en 15 veces su peso de agua.

74. El jugo de las patatas y remolacha contiene sales de base alcalina y de fosfato de magnesia solubles.

75. La magnesia sustituye, en algunos casos, á la potasa y sosa.

76. Los fosfatos de magnesia son de suma utilidad como abono, en particular para la remolacha.

77. En la práctica se observa, que tierras que no dan buenas cosechas de trigo, las ofrecen de patatas y nabos; esto procede de la

existencia del fosfato de magnesia y cal, en una proporcion, que el último no alcanza para dar desarrollo al cereal, y aquel lo verifica de las otras plantas.

78. Para que los vegetales asimilen la magnesia, necesita estar unida al ácido fosfórico, sin lo cual los terrenos magnesianos son estériles. Admitido este principio, reconocido por varios químicos eminentes, se comprende la fertilidad de las aguas turbias de Nijar y Lorca, en las que el ácido fosfórico pone en accion las materias disueltas en ellas (58).

79. Los fosfatos de magnesia y de amoniaco, dice Boussingault, contienen todos los elementos de la fructificacion de los cereales. Los ensayos ejecutados con ellos han dado escelentes resultados.

80. Mr. de Douket cuenta haber obtenido resultados satisfactorios en la siembra de cereales con la aplicacion, como abono, del feldspato potásico magnesiano, reducido á polvo impalpable, y echado en la tierra al cubrir la semilla de trigo. El producto obtenido con la semilla abonada fué doble, comparado con el que produjo la semilla sin abonar.

SEGUNDA PARTE.

Procedimientos para el empleo de los fosfatos terrosos.

81. Aunque demostrada por la ciencia y por la práctica la utilidad del empleo de las sustancias minerales en el cultivo, y sin embargo de que la Providencia las ha puesto en abundancia á disposicion del hombre, sucede de ordinario, que dificultades que él mismo crea, imposibilitan su uso. Ningun pais como España puede decirse que tiene tantos medios para utilizar la sal comun en la agricultura, pues abundan por todas partes las salinas y espumeros; y sin embargo de que muchas veces esterilizan superficies estensas, y pudieran comunicar fertilidad á otras, que por su ausencia están en igual caso, es lo cierto que el estancamiento de la sal priva al cultivo de ese agente de la vida vegetal, que en Inglaterra ha empezado á usarse, y que activa la disolucion del fosfato de cal y la hace asimilable á las plantas (64). Su alto precio y las trabas que tiene imposibilitan su aplicacion.

82. Aunque los fosfatos terrosos y sales alcalinas, de que tanto abunda nuestra pátria, no sean de difícil introduccion como abono en la labranza, porque se encuentran en muchos puntos y en los grandes centros de ella, hasta que se terminen las infinitas vias de comunicacion de que carecen la mayor parte de los pueblos, y el precio de los trasportes sea económico, siempre habrá de tropezarse con el inconveniente de que saldrán los abonos minerales caros con relacion al estado de nuestra agricultura, y que solo á precios muy módicos podrá emplearlos, por la escasez de sus recursos y poco conocimiento del valor de esos agentes de la produccion del suelo agrario.

83. El empleo de los fosfatos terrosos, aunque de utilidad á todas las plantas, la tiene particularmente para los cereales. En los puntos en que el cultivo de ellos domina, se sigue la costumbre de sembrarlos sobre barbecho de reja, y de ordinario sin ningun abono. La renta de las tierras suele ser pequeña en proporcion de la utilidad que debe reportar la supresion de un año de descanso que evitarán los abonos. Pocos labradores podrán sobrellevar los desembolsos para comprarlos, y solo el aumento de las cosechas será el móvil que impulse á usarlos, unido al poco precio de su adquisicion.

84. Si se aprecia el valor que rinden los fosfatos por la mayor produccion de la tierra, y la importancia de poder suprimir en el gran cultivo un año de descanso que hoy se da á la tierra, y algunas veces dos y tres, el resultado es de tal naturaleza, que de él puede depender la baratura de los cereales, tan necesaria en nuestra época. Hoy las grandes explotaciones que carecen de abonos tienen que llevar las tierras á tres hojas (*), sin lo cual no resisten la produccion, y aun sembradas cada tercer año de trigo, solo rinden generalmente de 8 á 10, término medio, por aranzada. Con el uso de los fosfatos terrosos, el producto puede elevarse, sin exajeracion, á 25 fanegas año y vez; es decir, que el primer caso será 3 fanegas de trigo por año en cada aranzada; y en el segundo 12 ½ cada uno de los dos; la diferencia es 9 ½ más por unidad de superficie, independiente de necesitar una menos para ese resultado. Si se aprecia ese producto á 50 rs. fanega, será el primero 150 rs., y el segundo 625; diferencia, 475 rs. de beneficio. El costo del abono, segun se ha dicho (48), asciende á 240 rs. por hectárea, sean 120 para tres años por aranzada; luego quedarán de ganancia 355 reales en la primera siembra, y la tierra abonada para 3 años.

Aunque ese producto disminuya una parte, y el trigo baje otra de valor por su abundancia, la introduccion de los fosfatos terrosos como abono para la siembra de cereales, es el medio de obtener triple

---

(*) Se llaman hojas de labor la division que se establece para sembrar las tierras: tres hojas significa: una sembrada, otra de barbecho, y la tercera erial para pastos.

cosecha y doble ganancia en el cultivo. Si hoy se explotan, por ejemplo, 18.880.539 fanegas de tierra de secano para el cultivo de cereales (1), supongamos que se abonan con fosfatos solo 6.000.000 de fanegas, que hoy producen á razon de 3 fanegas de trigo por cada una, porque se llevan 6.000.000 al tercio; abonando con los fosfatos pueden sembrarse 3.000.000 de los 6.000.000, y si fuese al tercio solo 2.000.000. Estos producen 18.000.000 de fanegas, y los 6.000.000 pueden llegar á 54.000.000, ó sean 38.000.000 de fanegas de trigo de más, que representan un capital de 1.940.000.000 de reales. Esta suma importante entra en juego para la fabricacion de abonos fosfatados minerales; para su circulacion en el comercio, y para bajar el valor del trigo hasta el punto de no solo no temer la concurrencia, sino poderla hacer con ventajas, resolviendo el principal problema de economía política y rural.

85. Segun se ha visto (46), por 40 rs. deben venderse en España los 100 kilógramos de fosfatos de la fosforita, y estos equivalen (45) en la produccion á 2.200 de estiércol. Si ese precio es el mínimum á que puede llegar ese importante abono, claro es que en los puntos situados cerca del sitio en que hoy se sabe se puede fabricar, saldrán mucho más baratos. Los 2.200 kilógramos de estiércol hacen 158 arrobas ó 16 cargas, que por término medio valen en España 48 rs., á razon de 3 rs. carga; luego hay ventaja de 8 rs. con el precio del estiércol, y además una economía de 1 á 17 en los trasportes. Es pues tambien importante el uso de los fosfatos para sustituir al estiércol, pues son más baratos que él.

Los ferro-carriles que cruzan y pronto terminarán de atravesar toda España, son el medio más seguro de la circulacion de los fosfatos terrosos de Estremadura y Almería. Las provincias andaluzas, que tanto abundan en la produccion de cereales, pueden extender el empleo de ese abono con incalculables ventajas.

Las demás provincias, Vizcaya y Asturias los tienen (2), y en las

(1) Anuario de Estadística de España, 1860.

(2) Reconocimiento geológico, por Collete: y el de Asturias, por Schulz.

otras no pueden menos de encontrarse. En la de Madrid existen cerca de Colmenarejo capas potentes de gneis, en cuya formacion suele encontrarse el fosfato calizo. No será difícil que abunden los fosfatos en la grande extension que tienen los terrenos graníticos, si se tiene en cuenta que el sitio de la fosforita de Logrosan se encuentra en contacto del granito con el esquisto talcoso. España es abundante en terrenos feldspáticos, esquistosos, cretáceos, calizos y arcillosos liásicos, margas y calizas conchíferas, en que existen los fosfatos terrosos y álcalis, en más ó en menos abundancia, unidos á otras materias minerales y orgánicas, importantes para la vida vegetal. Mucho partido puede sacar de ellos la industria fabricando abonos, y la agricultura empleándolos. Las Memorias que ha publicado la Academia pertenecientes á los Sres. Luxán, Ezquerra, etc.; el reconocimiento geológico de Vizcaya y Asturias, son de utilidad suma con ese fin.

IV.

Procedimientos para el empleo de los fosfatos terrosos.

86. En Inglaterra, donde se han empezado á usar hace tiempo los fosfatos terrosos, se procede á su preparacion pulverizándolos por medio de grandes rodillos movidos por el vapor, á fin de convertirlos en polvo impalpable. El procedimiento es el mismo para toda clase de fosfatos: la diferencia consiste en que segun su estado necesitan más ó menos potencia á fin de conseguir su pulverizacion. La fosforita de Logrosan no es tan dura como los nódulos; para estos se emplean en Inglaterra grandes muelas verticales de granito; para aquella basta con molino de aceite, es decir, el ruló que se usa para la aceituna.

87. Conseguida la pulverizacion en polvo impalpable, seria sumamente económico su empleo inmediato en esta forma, pues su coste quedaria reducido á los gastos de fabricacion y trasporte. Pero habiéndose observado que los fosfatos tratados por el ácido sulfúrico son en

sus efectos más potentes para la vegetacion, deben usarse de varios modos segun el fin propuesto, sobre lo que hablaré despues.

88. *Calizas conchíferas.* Ya he indicado algunos bancos de calizas conchíferas marinas de los muchos que existen en España. Su uso como abono está reconocido en muchas partes, habiendo llegado en Inglaterra á ser objeto de la construccion de un ferro-carril desde Padstow á Bodmin, por cuyo medio, millares de wagones cargados en las costas van al interior con ese abono mineral.

89. Aunque muchas de esas calizas han perdido gran parte de las sales que se encuentran en otras de formacion más reciente, estas contienen una gran proporcion de materia caliza, sales alcalinas y algo de fosfatos. No conozco ningun análisis químico de las calizas conchíferas de nuestra pátria; pero desde luego puedo asegurar, por las averiguaciones que he practicado con las de Jerez de la Frontera (están á la derecha de la carretera que atraviesa el terreno denominado Caulina), que contienen hasta 15 por 100 de fosfato de cal, gran cantidad de carbonato, y sílice libre y combinada. El ejemplar que va unido á esta Memoria, recogido por mí en el sitio expresado, hace resaltar esas cualidades.

Las calizas de Almería son mucho más pobres en fosfatos, y aún más las de Carmona, cuyos ejemplares son adjuntos: en estas apenas se distinguen, pero son ricas en carbonatos de cal, y sílice libre y combinada. Siendo facil encontrar en ambos puntos calizas como las de Jerez (en los pinares de Chiclana existen), la industria puede presentarlas á la agricultura pulverizadas, y ambas obtener grandes ventajas.

Dos medios tiene la industria para presentar á la agricultura el abono resultante de las calizas conchíferas, la calcinacion y la pulverizacion.

90. *Calcinacion de la caliza conchífera.* De los tres ejemplares que acompaño, en el de Jerez se observa, que los fragmentos de conchas más ó menos rotos conservan todavía el esmalte, es decir, su naturaleza animal casi entera. Si se calcina, hay que efectuarlo de manera que no se quiten los fosfatos ni ninguna sal útil y asimilable á los vegetales.

Con ese fin ningun método mejor que el empleado por M. Bortier. Calcinada puede usarse sola, sin otra preparacion que mezclarla con tierra ó estiércol para extenderla sobre la tierra.

Pulverizada con muelas potentes como la fosforita, puede servir para mezclarla con esta antes de tratarla por el ácido sulfúrico, con el fin que diré despues.

91. Las calizas de Almería y Carmona se encuentran en un estado de mayor fosiliacion, y esta circunstancia, que les ha hecho perder algunas sales importantes, las hace más fáciles de pulverizar por medio de muelas menos potentes, y aun que solo con los agentes atmosféricos se deshagan. De este modo pueden usarse en las tierras compactas arcillosas, en la seguridad de esperar ventajosos resultados.

V.

Empleo de los fosfatos terrosos en la produccion de cereales, etc.

92. Con los experimentos de Kuhlmann, Doubeny, Bobierre, Merigy, Liebig y demás químicos y agrónomos eminentes que he citado, se terminó la controversia largo tiempo seguida, sobre la insolubilidad de los fosfatos terrosos. Hoy sabemos que pueden emplearse, con utilidad, reducidos á polvo impalpable sin ninguna otra preparacion, y que de esta manera sus efectos son mas lentos, pero de aplicacion á los prados permanentes ó artificiales, y á las plantas que duran varios años en la tierra. En las anuales, las que recorren en un período corto toda la vida vegetal, ha demostrado la experiencia que los fosfatos son más enérgicos cuando se tratan por el ácido sulfúrico; que mezclados con los estiércoles en fermentacion son más activos que usados solos; y en fin, que unidos á los abonos líquidos, orines y estiércoles, se activa su solubilidad á favor de la mayor cantidad de ácido carbónico contenido en la masa.

Puede decirse que deben emplearse los fosfatos de la siguiente manera.

1.° Solos, pulverizados, cuando se usen en los prados naturales y artificiales en que pasta el ganado.

2.° Tratados por el ácido sulfúrico cuando se empleen en terrenos francos, en el cultivo de cereales, raices y tubérculos.

3.° Solos, ó tratados por el ácido sulfúrico, y mezclados con una mitad de la caliza conchífera de Jerez, ó una tercera parte de las de Almería y Carmona pulverizadas, para usarlos en terrenos arcillosos, compactos y silíceos.

4.° Mezclados con los estiércoles en el primero y tercer caso, si no con las calizas, para usarlos en toda clase de cultivos, y en particular en tierras húmedas, de regadío ó huertas.

5.° Mezclados con los orines y otros abonos líquidos en que la putrefaccion desarrolla el ácido carbónico, para emplearlos por medio del riego.

6.° Mezclados con una tercera parte de turba para emplearlos en las tierras pobres de sustancias orgánicas.

93. *Fabricacion de los abonos de fosfatos terrosos.* Las fábricas de fosfatos terrosos solo pueden expenderlos como se dice en el primero segundo, tercero y sesto; y en particular el primero, segundo y sesto. Sin embargo, no siempre se encontrarán á mano todas las materias minerales mencionadas. El labrador debe solo procurarse el polvo de los fosfatos, y hacer por sí las mezclas; pues claro es, que suponiendo que de Logrosan haya de conducirse á Sevilla, Cádiz, etc., el polvo de la fosforita, teniendo en esos puntos las calizas conchíferas, hay economía en hacer las mezclas por sí. En la Mancha, y sitios donde se encuentre la turba, sucede lo mismo.

94. La proporcion del ácido sulfúrico para hacer solubles los fosfatos, es de 30 á 40 de ácido por 60 de polvos. En Inglaterra efectúan la mezcla en cilindros, dentro de los cuales se agita el polvo y el ácido, de lo que resulta una masa sólida que se pulveriza fácilmente al enfriarse. Tambien se efectúa en cilindros de madera armados en el interior de un árbol con aspas; se echan 100 kilógramos de polvo y 25 de ácido sulfúrico y 50 de agua; en seguida se pone en movimiento el manubrio que tiene el árbol del cilindro, y las aspas mezclan el todo. Se siguen

adicionando polvos y ácido con agua en las mismas proporciones hasta que el cilindro esté lleno. Disuelto el polvo, lo cual tiene lugar muy pronto, se abre una llave que tiene en la parte inferior el cilindro, y se recibe la mezcla en un depósito en el que se enfria, y queda hecha masa facil de pulverizar.

95. El sulfato de cal, que se forma por el tratamiento del fosfato calizo con el ácido sulfúrico, aumenta la fertilidad de la tierra. El ácido sulfúrico se apodera de parte del carbonato de cal, disminuye la base del ácido fosfórico, y el que á este queda unido se convierte en bifosfato.

96. Si los polvos de fosfatos se disuelven, cuando hayan de emplearse, en la mitad de su peso de ácido sulfúrico con tres partes de agua, y en este estado se echa todo en 100 partes de agua, y se riega la tierra, el ácido libre se combina con los principios básicos del suelo, y extiende con prontitud la sal neutra producida. Esta operacion puede tener lugar en las albercas de las huertas, etc.

97. En el dia es casi general el tratamiento de los fosfatos por el ácido sulfúrico, á fin de que los fosfatos tribásicos insolubles se conviertan en bibásicos solubles y el abono sea más enérgico.

98. Segun el método que cada uno esté obligado á adoptar en el cultivo, así convendrá obtener los fosfatos. Sin mezcla del ácido sulfúrico cuando se emplean en plantas de larga permanencia en la tierra, y esta tenga materias vegetales que al descomponerse activen su accion. Mezclados con los estiércoles y abonos líquidos, siempre que se tenga medios de poderlo ejecutar. Tratados por el ácido sulfúrico, cuando se usen en el cultivo en grande en la siembra de cereales, en cuyo caso se mezclarán con tierra húmeda, á fin de extenderlos sobre el suelo y taparlos con la siembra.

99. *Cantidad de fosfatos por aranzada ó cerca de media hectárea.* En los experimentos y resultados obtenidos con los fosfatos en Inglaterra y Francia, he anotado la cantidad empleada, y aparecen diferencias muy marcadas. En Inglaterra se echan hasta 20 hectólitros por hectárea, lo cual equivale á cuatro veces la cantidad usada en Francia, y que aconsejan los resultados de la práctica (17) y de la ciencia (67). Desde cuatro hectólitros, el hectólitro pesa de 75 á 100 kilógramos;

hasta 7 puede considerarse un abundante abono por hectárea, segun las condiciones de la tierra y plantas que alimente. Para cereales 3 hectólitros por aranzada es suficiente, teniendo cuidado de enterrar el abono de modo que la simiente quede en contacto con él. Se entiende que esta cantidad es de los fosfatos tratados por el ácido sulfúrico; en otro caso, como su accion es más lenta, hay que echar doble, pero duran más los efectos en la tierra.

100. *Caliza conchífera marina.* La caliza conchífera marina debe emplearse calcinada en proporciones relativas á la composicion del suelo: si fuese muy arcilloso ó silícco, con poca ó ninguna materia caliza (se ve con un poco de ácido clorhídrico si echado en ella no hace efervescencia, lo cual indica que no existe el carbonato de cal); 6 á 15 hectólitros por aranzada es la dósis que puede usarse.

101. *Mezclas.* La mezclas de fosfatos con estiércol ú abonos líquidos deben ser en proporcion suficiente entre un volumen de fosfato y dos ó más de estiércol, teniendo presente lo que he dicho (44). En todos los casos, la cantidad de fosfatos se disminuye ó aumenta en la proporcion de la fertilidad conocida en las materias con que se mezcle. La tierra que se une á ellos para extenderlos con más facilidad, no disminuye la cantidad.

102. La mezcla de los fosfatos con la turba (que no sea piritosa), tiene por objeto aumentar las materias azoadas, y debe verificarse antes de tratarlos por el ácido sulfúrico. La cantidad que de esta mezcla debe echarse en la tierra, depende de la composicion de ella: en las que se observa esterilidad completa por falta de materias orgánicas y minerales asimilables á la vegetacion; en las arenas muertas y arcillas puras, 8 á 10 hectólitros por aranzada producirán buenas cosechas de trigo, etc.

103. Las cenizas de turba, si contienen fosfatos serán de gran utilidad empleándolas mezcladas con las calizas conchíferas de formacion antigua.

TERCERA PARTE.

Conclusiones.

De lo que precede se pueden, entre otras, sacar las siguientes conclusiones:

1.ª La falta de los fosfatos terrosos en las tierras cultivadas determina la imposibilidad de que se desarrollen las semillas, ó hace que no granen.

2.ª Cuando se roza una tierra cubierta de materiales y se queman, se da á la tierra en abundancia los fosfatos y álcalis que resulten en las cenizas que quedan sobre ella.

3.ª Cuando una tierra es rica en silicatos y pobre en fosfatos, se esteriliza antes con el cultivo del trigo que con el de otro cereal.

4.ª La falta de una cantidad suficiente de fosfatos terrosos, se indica en algunos casos por el buen desarrollo de la planta de los cereales cuando abundan los silicatos, y el poco grano que resulta despues.

5.ª La alternativa de los cereales con plantas en que no hay necesidad de que cuajen las semillas, como sucede á las forrajeras que se riegan para heno, es un medio de prolongar la fertilidad de la tierra, pues se extrae menos cantidad de fosfatos que cuando las simientes granan.

6.ª Labrando bien y profundamente las tierras, se favorece y anticipa la formacion de sales solubles, necesarias á la vida vegetal.

7.ª La adicion de la cal viva en la tierra favorece la descomposicion de los silicatos.

8.ª Si cuando faltan las cosechas, ó no responden á los gastos, hay necesidad de adicionar á la tierra las sustancias que le faltan (lo que puede deducirse por el cultivo anterior y el que ha de seguir, 36), ningun medio más ventajoso que usar los que en sus compuestos contienen, con todas las que han de menester las plantas cultivadas, en cuyo caso se encuentra la fosforita.

9.ª Es muy ventajoso emplear los fosfatos mezclados con los estiércoles, extenderlos juntos y taparlos bien en la tierra.

10.ª Los fosfatos tratados por el ácido sulfúrico, prescindiendo de su mayor solubilidad, llevan á la tierra una parte de sulfato de cal, que es muy importante generalmente.

11.ª Los fosfatos mezclados con turbas abundantes en materias orgánicas, hacen fértiles las tierras estériles por falta de elementos asimilables para la vegetacion.

He terminado el trabajo propuesto, dándole una forma, á mi modo de ver, demasiado práctica, si se tiene en cuenta la alta ilustracion de los individuos de la Academia á quienes corresponde juzgar de su mérito. Yo les suplico que vean en él el deseo de servir de utilidad general á la labranza española, en la que se encuentran hombres eminentes y entendidos en las ciencias, y que no dudo estarán conformes, en que cuanto con más sencillez y menos lujo científico se presentan los hechos al agricultor, tanto más de utilidad son los escritos que se dirijen á impulsar el progreso agrícola.

Si la clase á que se dirije esta Memoria fuera tan ilustrada como los individuos de la Academia; si su objeto fuese otro que el de aplicar los abonos terrosos al cultivo de la manera más facil y económica, en este caso pudiera caber un trabajo puramente científico, que en mi juicio seria importante, pero de limitado uso y utilidad entre la clase labradora.

INDICE.

	Págs.
PRELIMINAR	297
PRIMERA PARTE. I. *Influencia de los fosfatos terrosos en la vegetacion*	303
II. *Utilidad del empleo de los fosfatos terrosos en el cultivo de los cereales y raices*	318
III. *Influencia de los fosfatos de cal, potasa, magnesia, sosa y amoniaco en la vegetacion*	330
SEGUNDA PARTE. *Procedimientos para el empleo de los fosfatos terrosos*	335
IV. *Procedimientos para el empleo de los fosfatos terrosos*	338
V. *Empleo de los fosfatos terrosos en la produccion de cereales*	340
TERCERA PARTE. *Conclusiones*	344

MEMORIA

PREMIADA EN EL

CONCURSO PUBLICO ABIERTO POR LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS PARA EL AÑO DE 1862

SOBRE EL TEMA:

«Influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion, y procedimientos mas económicos para utilizarlos en la produccion de cereales en la Península.»

ESCRITA

POR D. RAMON TORRES MUÑOZ DE LUNA,

Catedrático de química general de la Universidad Central.

Lema: Es preciso devolver á los campos el fosfato de cal, que bajo la forma de huesos humanos queda depositado en los sepulcros.

Pocos asuntos podria ofrecer á público certámen la ilustre Academia de ciencias de Madrid, que presentaran más grande utilidad al pais y más interés á la ciencia, como el comprendido en el programa de premios, correspondiente al año de 1862, á saber: «*Influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion, y procedimientos más económicos para utilizarlos en la produccion de cereales en la Península.*»

Hoy que tan general utilidad se reconoce en los fosfatos térreos como excelentes abonos; hoy que el primer arte y ciencia para la humanidad, la agricultura, tiende á reposar sobre sólidos cimientos relegando al olvido las prácticas empíricas que no tengan razon de ser; hoy, en fin, que la fisiología vegetal, la física y la química se confun-

den en una nueva ciencia agrícola, que con el conocimiento propio y profundo de su objeto facilita ó aumenta la produccion de cereales y legumbres, ó bien tornada en hábil cirujano aminora ó destruye el mal que potente asoma en el indispensable tubérculo, en la vid, ó en los cereales; nada más oportuno y patriótico que suene en nuestro pais la voz elocuente de la ciencia, á fin de que despertando el estímulo de la juventud, venga en noble palenque á dilucidar asunto de tal importancia. En efecto, aun sentado el supuesto, enteramente contrario á la realidad, de que la riqueza de nuestro suelo en principios minerales, fuera tal en todos los puntos de la Península, que no hubiera menester la agricultura nacional, la accion fertilizante de estos modernos agentes de produccion, todavía ofreceria el problema en cuestion un altísimo interés para España, bajo el punto de vista económico ó comercial; por cuanto poseyendo ricas formaciones de fosfatos térreos trasformables en los mencionados abonos, es indispensable aclarar de una manera precisa, y hasta vulgar, la utilidad práctica á que se prestan, á fin de despertar el deseo de nuevas investigaciones encaminadas á conocer este nuevo elemento de riqueza territorial.

Por manera, que bajo cualquier aspecto que se mire el tema del premio ofrecido por la Real Academia de ciencias, puede afirmarse sin lisonja, que realiza una necesidad agrícola de la más alta importancia, cual es generalizar en España la utilidad que el uso de los fosfatos puede prestar al cultivo de los cereales, particularmente en aquellos terrenos faltos de ellos á consecuencia de continuadas cosechas, ó bien estériles por sí mismos; proporcionando al labrador los medios de aumentar el rendimiento de sus campos, dándole reglas prácticas y seguras para asociar en sus tierras, prévio el exámen químico de las mismas, los elementos minerales y azoados, que no siendo de abundancia ilimitada, como, por ejemplo, la sílice, deban figurar artificialmente como abono en la debida proporcion para el mayor producto en sus cosechas.

Finalmente, establecidos de una manera exacta por la ciencia y la práctica agrícola, los casos, circunstancias y modo mejor de aplicar los fosfatos como abonos artificiales, quizá llegue el dia en que el la-

brador de la huerta de Valencia, por ejemplo, pueda sustituir el guano que tan caro le cuesta por la apatita de Jumilla, ú otro mineral análogo, capaz de ser convertido industrialmente en abono asimilable, consiguiendo á la vez que una grande economía de precio, quizás un notable aumento en sus frutos agrícolas.

Bosquejada de una manera general la altísima importancia que encierra la compleja y difícil cuestion propuesta por la Real Academia de Ciencias, paso á consignar el orden bajo el que he creido conveniente fijar el desarrollo de la presente Memoria, despues de examinar detenidamente las razones que á mi juicio le justifican; dicho orden es el siguiente:

1.° Principios generales de estática química.

2.° Rotacion del fósforo en la naturaleza.

3.° Estudio de la influencia que las sustancias minerales, sobre todo los fosfatos térreos, ejercen sobre la vegetacion en general, y más particularmente sobre el cultivo de los cereales.

4.° Consideraciones generales relativas á los fosfatos térreos de Europa y América, y estudio particular de los existentes en España.

5.° Análisis químico, bajo el punto de vista agrícola, de las tierras arables.

6.° Métodos más económicos y prácticos, segun las diversas localidades ó centros agrícolas de España, para utilizar los fosfatos térreos en la produccion de cereales en la Península.

7.° Resúmen general.

I.

Principios generales de estática química.

Mucho antes de que la química fuese una ciencia constituida, ya la observacion habia revelado que en la atmósfera residen los elementos de todos los séres. *Todo viene del aire y vuelve á él*, dice Anaximeno.

La química moderna ha precisado estos presentimientos, siguiendo

con paso firme y acertado las aplicaciones que de semejante idea podian hacerse á la cultura de los campos, de tal modo, que hoy pueden ser resumidos los resultados de sus investigaciones en la proporcion siguiente: «La atmósfera y la tierra forman un reino comun, en donde »la materia siempre en movimiento, metamorfoseada sin cesar, adquie»re sucesivamente las mas diversas formas y los aspectos más dignos »de despertar nuestra curiosidad.»

Un impulso superior, divino, se revela á través de una organizacion maravillosa; agentes físicos puestos en accion, fuerzas químicas activas é incesantes, todo es grandioso, todo es digno del más vivo interés en las trasformaciones de este misterioso Proteo denominado materia organizada. ¿De dónde procede esta materia? ¿Cuál es su influencia sobre los tejidos que vivifica? ¿A dónde va cuando la muerte rompe los lazos por los que sus diversas partes estaban estrechamente unidas? Tales son los problemas que desde hace cerca de 20 años desarrolló y vulgarizó con superior talento el ilustre autor de la *Estática química de los séres organizados*.

En la atmósfera que nos rodea se exhalan á cada momento torrentes de materia mineral; la tierra envia igualmente sin cesar, y bajo mil diversas formas, elementos que ayer todavía eran parte integrante del suelo, y á los que se asociarán en breve los huracanes desencadenados; inmensas masas de agua se vaporizan; los productos organizados se pudren, es decir, se queman, enriqueciéndose de este modo el aire con sustancias simples de que volverán á apoderarse nuevamente la vegetacion y la vida.

Lo que la vegetacion y la vida toman de la atmósfera para constituir una trama material necesaria á las manifestaciones del sér, fué ya sentado como principio exacto por Lavoissier hace 75 años, al afirmar que la tierra devolvia aquellos elementos al aire bajo la triple influencia de la fermentacion, de la putrefaccion y de la combustion. ¡Fermentacion! ¡Putrefaccion! Ideas bien humildes y repugnantes para el vulgo; sistemas profundos, vastos y filosóficos horizontes para el estudio del hombre pensador y científico.

Esta masa de aire que nos rodea y que equivale en peso á 581.000

cubos de cobre de 1 kilómetro de lado, tiende sin cesar á ofrecer sus elementos á la tierra para las necesidades de la organizacion, mientras que por una ley de admirable equilibrio, la tierra, á su vez, bajo la influencia de una fuerza diseminadora, que se denominará *fermentacion* ó *combustion*, arroja nuevamente en el reino aéreo el carbono, hidrógeno, oxígeno y azoe, de que están casi enteramente formados los vegetales y animales.

Que el gérmen, origen primero del fermento, preexista ya formado en la sustancia fermentescible, segun parece rigurosamente demostrado, ó que el Criador haya comunicado á ciertos estados de la materia la propiedad de originar espontáneamente el glóbulo del fermento (cuestion que no es del caso examinar ahora), nada más grandioso y seductor que la contemplacion de estos fenómenos que acompañan el tránsito de una molécula orgánica á otra más simple.

Desde el grano de fécula hasta los productos gaseosos atmosféricos, hay un abismo que la fermentacion y la combustion llenan ante nuestra vista asombrada.

En los fenómenos de combustion todavía aumenta más, si es posible, el esplendor del grandioso cuadro que acabamos de trazar. Desecadas por el viento del otoño las hojas de un árbol, cubren el suelo, ¿queremos saber cuál va á ser su fin? pues bastará para ello observarlas bajo la triple y enérgica accion del oxígeno, del calor y de la humedad; bien pronto se ennegrecerán, perderán su gracioso contorno, cambiándose en un verdadero mantillo; se verá, en fin, cómo poco á poco las leyes de la afinidad química reemplazan á las que regian la existencia del vegetal. El hidrógeno y carbono, que forman la mayor porcion del humus, se oxidan y queman lentamente, trasformándose en ácido carbónico y en agua, que vuelven á la atmósfera para continuar sin interrupcion el círculo perpétuo á que la materia está sujeta en el plan divino. Y si no ¿dónde existen hoy los impenetrables bosques que en otro tiempo circundaron á nuestra capital, segun los documentos históricos? Preguntádselo á la atmósfera, nos responderá la química; ella os dirá que el carbono, oxígeno é hidrógeno de aquella vegetacion volvieron al depósito comun bajo la forma de agua y de ácido carbónico,

para fijarse quizá más tarde en la superficie de nuestro propio suelo y elaborar la admirable trama de un nuevo vegetal.

El aire atmosférico que respiramos, contiene de 4 á 6 diezmilésimas de ácido carbónico, mientras que el aire recogido en la tierra arable contiene hasta 10 por 100; sucediendo á veces que la análisis eudiométrica solo evidencia en él la presencia del azoe y del ácido carbónico sin indicios siquiera de oxígeno. Por consiguiente, labrar la tierra, ahuecarla ó dividirla, es airearla, es hacer que respire, es favorecer la combinacion del oxígeno con la sustancia combustible que contiene.

Por otra parte, los animales queman en estado de salud sus alimentos, y en el de dieta su propia sustancia: verdadero producto de calor y de fuerza dinámica, el animal actúa como la maravillosa máquina en donde el génio de Papin y Watt rige y utiliza la trasformacion del combustible en fuerza.

Entre la combustion de la máquina y la que representan los alimentos, la comparacion es exacta, supuesto que en una y otra es indispensable un volumen proporcional de aire atmosférico siendo los productos de combustion iguales: de las chimeneas de nuestras fábricas, se desprenden el agua y ácido carbónico; en el aire expirado por el animal, se hallan igualmente el agua y el ácido carbónico, como productos constitutivos.

Pero este gas que el reino animal exhala, y cuya asimilacion modificaria poco á poco las condiciones saludables del aire atmosférico, hasta el punto de hacerse irrespirable, es descompuesto por las partes verdes de los vegetales, bajo el influjo de los rayos químicos de la luz solar, asimilándose el carbono y el hidrógeno para constituir los principios neutros inmediatos, y desprendiendo el oxígeno puro, ozonizado, al receptáculo comun, la atmósfera. Por lo tanto, forzoso es reconocer en los vegetales una fuerza de condensacion admirable; pues allí en donde un vegetal se desarrolla, se organiza un verdadero laboratorio en donde se elaboran los alimentos: grasa, azucar, materia azoada; tales son entre otros principios los que la análisis evidencia en un grano de trigo, principios que igualmente descubre en la leche, la sangre ó la carne muscular.

Las materias alimenticias de los herbívoros, así como la de los carnívoros, son pues en resúmen de naturaleza química semejante, extraidas y formadas por los vegetales del seno del aire y bajo la influencia de los rayos solares.

Pero este cuadro quedaria incompleto si no nos apresuráramos á consignar, que para la produccion de la materia organizada animal ó vegetal es indispensable algo más que hidrógeno, oxígeno, carbono y azoe: en efecto, siempre que se quema un tejido orgánico cualquiera, se obtiene por resíduo una cantidad apreciable de cenizas que ejercen una inmensa importancia en las funciones de la planta y del animal. Numerosos análisis efectuados en Francia, Alemania é Inglaterra, han demostrado que la cosecha de patatas, por ejemplo, quita á cada hectárea de tierra 123 kilógramos de cenizas, en donde hay 13 kilógramos de ácido fosfórico; así que hoy dia se determinan con la mayor precision las necesidades de cultivo de los cereales, legumbres, etc., de tal modo que la análisis del terreno, combinada con el conocimiento de las condiciones del vegetal que deba cultivarse, forman la parte más importante y cada dia mejor conocida de la buena agronomía.

Cal, potasa, fosfatos. Estos cuerpos preciosos se hallan con más ó menos abundancia y bajo un estado de cohesion más ó menos enérgico tambien en las tierras de cultivo; por medios verdaderamente admirables, la naturaleza los disuelve y divide á fin de prepararles del modo más eficaz para la nutricion de los vegetales. Así, que, el agua de lluvia saturada de ácido carbónico y auxiliada en su accion por las modificaciones bruscas de temperatura, disuelve lentamente las rocas, se apodera de sus elementos solubles, y lleva por do quiera que pasa la fecundidad y la vida.

En el fondo de esos abismos, donde todavía no ha llegado la sonda del náutico, lo mismo que en la agitada superficie de los mares, existen disueltos en el agua los elementos reconocidos en el aire y la tierra como gérmenes de vida orgánica; el agua de los mares es á la vez atmósfera por los gases que contiene, y tierra por las sustancias minerales que posee en disolucion.

Los animales marítimos absorben el oxígeno y exhalan el ácido

carbónico; de modo que el *mar estéril de Homero* no existe para el observador, y el *concipiat mare et pariat opera vestra*, de la Santa Escritura, se revela ante la ciencia en su más explendente significacion.

El mar tiene sus bosques, cuyo ramaje dilatado se eleva á la superficie del agua por las celdillas henchidas de gas, y tan pronto es mecido por las tibias brisas del Océano, como desgajado por la tempestad desde el verde seno de las olas; el mar tiene tambien sus praderas de wareks siempre verdes, siempre oscilantes, á quienes los ojos admirados de Colon vieron ondular como para saludarle bajo las suaves brisas de las Azores. Penetremos por un instante en estos bosques; inspeccionemos las praderas submarinas, y nuestra admiracion subirá de punto; allí veremos el warek gigante observado por Cook, cuyos tallos esceden la enorme longitud de 360 pies, estando sus hojas tan incrustadas de corales que son blanquecinas; unas están habitadas por pólipos semejantes á las hidras, otros por ascídeas; aquí aparecen los moluscos, más allá los crustáceos; de manera que al sacudir las raices de esta planta, caen peces, conchas, huevos marítimos, asteries y nereides de las formas más bellas y variadas, llegándose á decir para expresar tan prodigioso espectáculo, que si los grandes bosques de los trópicos fueran destruidos, perecerian menos especies de animales que por la destruccion de este solo warek.

Ahora bien, ¿bajo qué medio ambiente vibra mejor el principio de la vida, y qué séres más competentes que estos átomos vivos, casi fluidos, de tan delicada y efímera existencia, pueden revelar con más elevada filosofía la fecundidad sin límites de la naturaleza?

II.

Rotacion de la molécula de fósforo en la naturaleza.

Gracias al empleo del molibdato de amoniaco, nitrato de bismuto y de urano, con que la análisis química se ha enriquecido para caracterizar los fosfatos, aun cuando existan en pequeñas dósis, hoy se ha

llegado á evidenciar su presencia en muchos minerales, arcillas ó margas, en donde antes no se sospechó siquiera que pudieran contenerle.

De la misma manera, nuevas análisis de las rocas primitivas y cristalizadas han puesto fuera de duda que el ácido fosfórico entra como parte integrante de ellas asociado á la cal, hierro, manganeso, etc. Asi que, remontándose con la imaginacion al origen de las cosas, á esos grandes fenómenos naturales, respecto de los que todas las tradiciones están de acuerdo con la geologia, sorprenderemos el ácido fosfórico en el seno de las rocas ígneas: la disgregacion de estas rocas bajo las influencias combinadas del agua, del aire, de la temperatura y del ácido carbónico, favorecen bien pronto la division física de las masas. La vegetacion se desarrolla entonces enérgica, feraz, inmensa, acumulándose en ella á la vez que el carbono del ácido carbónico atmosférico, cuyo carbono andando los siglos ha de ofrecerse bajo la forma de hulla á las futuras generaciones, los fosfatos, que asimilados por los órganos vegetales bajo la accion misteriosa y sublime de las raices prendidas en un terreno virgen, serán tambien abandonados un dia, extremadamente divididos, á la superficie de la tierra; y como medio enérgico, activo, incesante de esta distribucion providencial, aparece el reino animal desplegando su poderosa fuerza de condensacion de los principios ricos en nitrógeno y en fósforo; entonces la vegetacion subviene á las necesidades alimenticias de los nuevos individuos, y los fosfatos adquieren tambien distintas formas. La molécula de ácido fosfórico, no es ya la porcion inerte y cristalina de la roca ígnea, ni la trama mineral de la planta; es la sustancia ósea del animal, ó mejor dicho, es á la vez su esqueleto y su carne, su fibra nerviosa y todo su sér, supuesto que hoy la ciencia justifica que las ideas de organismo y fósforo van estrechamente unidas.

Pero sigamos la huella del fósforo en las plantas; aquí ya sorprenderemos, con el reactivo en la mano, su localizacion en determinadas épocas de la vida vegetal; veremos, mediante la análisis de las raices, tallos y frutos, cómo es evidente que el fósforo se halla con preferencia realizando efectos de un orden muy elevado, toda vez que figura en los

órganos rudimentarios é influye poderosamente en la organizacion definitiva del sér; comprobaremos cómo disminuye este cuerpo en la raiz, sobre todo, despues de la maduracion del fruto, quedando como almacenado en este último período de la vida vegetal; veremos, finalmente, que las hojas de un árbol, por ejemplo, dan al salir del boton cenizas más ricas en fosfatos que en los demás períodos vegetativos.

Reflexionando sobre este orden de fenómenos, es como la química analítica ha podido explicar el por qué de la fertilidad de ciertos terrenos, y por la misma razon se sabe hoy en qué consiste que el negro de huesos y los fosfatos de cal, de procedencias diversas, que tan prodigioso resultado ofrecen sobre los terrenos primitivos y de transicion, sean relativamente inertes sobre los terrenos calcáreos en donde aprovechan tanto los abonos nitrogenados. En efecto, mientras que los terrenos primitivos y de transicion contienen pocos fosfatos, y estos *muy coherentes*, las margas y calcáreas terciarias los poseen, por el contrario, en cantidad notable y bajo un estado muy favorable de asimilacion.

Las aguas que corren por las superficies de las rocas, lo mismo que las que bañan los terrenos de sedimento, contienen igualmente ácido fosfórico, aunque en corta cantidad; por consiguiente, las aguas llevan á los vegetales que riegan *algo más que productos atmosféricos*. Así es que se ha demostrado por el cálculo establecido en hechos analíticos, que 100 cabezas de ganado pueden suministrar anualmente en el estiércol, y en virtud de la asimilacion de materias minerales disueltas en el agua, hasta cerca de 800 kilógramos de sustancias sólidas, entre las que figura el ácido fosfórico, cuyo ácido ha sido apreciado, mediante la análisis de dichos estiércoles, en la proporcion media de 1,45 por 100.

Si del estudio del reino vegetal, bajo el punto de vista de ser el organizador en cierto modo de la molécula del fósforo, pasamos al exámen de los animales, veremos que sus huesos, músculos, la sustancia nerviosa y cerebral, que los principios, en fin, de su organismo, sangre, leche, orina, licor seminal, todos están impregnados de fósforo; que el fósforo, íntimamente unido á varias sustancias orgánicas, abun-

da en la masa cerebral y la sustancia nerviosa, de un modo tan especial, que casi puede decirse que *está organizado:* combinado al oxígeno y á la cal, forma uno de los elementos más importantes del esqueleto; y que en fin, disuelto por los fluidos animales va incesantemente de un punto á otro del organismo; pues aun cuando su cantidad total, absoluta, permanezca fija respecto de un animal determinado, su molécula es desalojada, digámoslo así, mediante acciones disolventes ó vitales, siendo excretada y sustituida despues por otra nueva molécula que acarrea el sistema digestivo. Por consiguiente, los alimentos desprovistos de ácido fosfórico y cal son incapaces de nutrir á los animales, pereciendo estos, ó bien arrastrando una existencia pobre y anormal, cuando dicho principio disminuye de su régimen alimenticio. Los animales son bajo este punto de vista, exactamente iguales á las plantas.

Para robustecer más esta idea, consignaremos aquí que se ha seguido con la balanza en la mano, y durante 24 horas, la alimentacion de un ternerillo, teniendo cuidado exacto de los productos consumidos y de los excretados; resultando que dicho animal fijó en este tiempo 6^{gr},500 de ácido fosfórico y 7^{gr},800 de cal, es decir, 14^{gr},300 de ambos principios nutritivos, lo cual corresponde á 3 por 100 del *peso vivo desarrollado.*

Una vaca de 4 años observada en idénticas condiciones, durante cuatro dias, y recibiendo bajo la forma de alimentos 200^{gr},4 de ácido fosfórico, fijó 64^{gr} de ácido, durante el experimento, excretando 136^{gr} del referido cuerpo: tambien ha demostrado la ciencia que en los animales adultos hay perfecto equilibrio, en los casos ordinarios, entre la absorcion y excrecion del mencionado ácido; y por último, se ha visto, que adicionando fosfatos al forraje de una vaca lechera, aumenta notablemente la secrecion y bondad de la leche.

De los animales ha pasado la molécula del fósforo al hombre, si bien éste le recibe tambien de los productos vegetales con que se nutre, en particular de los cereales: para demostrar la abundancia con que el ácido fosfórico figura en el organismo humano, igual bajo este punto de vista al de los demás animales, expondremos el resultado cen-

tesimal de la análisis química, verificada en los excrementos, la orina, sangre, y en fin, en los huesos humanos.

Huesos.	24,00	por 100 de ácido fosfórico.
Orina.	3,38	—
Sangre.	1,63	—
Excremento.	0,82	—

Por consiguiente, y admitiendo que un esqueleto humano desecado pese, término medio, 4 kilógramos 600 gramos, de los que 2 kilógramos 440 gramos correspondan al fosfato de cal (los huesos del hombre contienen 53,04 por 100 de fosfato de cal), puede calcularse la cantidad de fósforo condensado por las generaciones pasadas, de un pais cualquiera, mediante los alimentos; y por lo tanto el fosfato de cal depositado en los cementerios, campos de batalla, etc.

Y como quiera que de todos los elementos organizados en el cuerpo del hombre, solo el fósforo se escapa al círculo perpétuo que la Providencia divina ha impuesto á la materia para que sirva de alimento desde el depósito comun (la atmósfera) á nuevas generaciones, y como para existir estas es indispensable que antes precedan los vegetales y animales, forzoso será llenar con abonos minerales el vacío de fósforo que desaparece de la circulacion universal, que va á los Campos-Santos, en virtud de la práctica cristiana y caritativa que ordena guardar este recuerdo de amor y de respeto á los restos amados en vida por el hombre: por esta razon, los pueblos de Oriente y Occidente, sobre cuyo suelo han pasado tantas generaciones, que á manera de esponjas han extraido de la tierra bajo la forma de cereales y ganados todos los fosfatos primitivos para llevarlos á sus huesos, que como sustancias fijas quedaron allí en donde se depositaron, ven que nada adelantan con acumular sobre la tierra pátria los abonos más ricos en azoe, y que, por el contrario, dándola el elemento intermediario para la vegetacion, de que carece, el fósforo, bien sea bajo la forma de fosfatos naturales de fácil asimilacion, ó bien bajo la de abonos que como el guano le contengan en cantidad y condiciones favorables al cultivo, vuelven á cobrar los

campos el vigor y lozanía primitivas, estableciéndose otra vez la necesaria relacion entre el sobrante de cereales y ganados producidos, respecto del consumo. Por esta razon, la agricultura moderna, artificial ya en casi todos los paises, busca con afan por todo el ámbito del mundo, depósitos de fosfatos con que poder subvenir á tan imperiosa necesidad; habiéndose dado más de una vez el sacrílego ejemplo de profanar, con este objeto, el silencio de las tumbas, ó los mutilados restos de los campos de batalla.

Resumiendo, pues, vemos que el fósforo salió del caos á la voz divina, y que quizá formando una inmensa hoguera con la intensidad lumínica de que ni aun la más brillante fantasía puede formarse idea, quedó constituyendo parte integrante de las rocas primitivas; disgregadas estas por la accion combinada del agua, aire, ácido carbónico y temperatura, pasó á formar parte de los terrenos de transicion y de sedimento; de estos, fue absorbido por las raices de las plantas, constituyendo parte integrante de las mismas; y por último, de los vegetales pasó el fósforo á los animales y al hombre, quedando en cierto modo estancado en él, como último límite de su peregrinacion sobre la tierra, toda vez que va á parar bajo compuestos fijos á la inamovilidad de los sepulcros.

III.

Influencia que las sustancias minerales, con especialidad los fosfatos térreos, ejercen sobre la vegetacion en general y muy particularmente en el cultivo de los cereales.

Las cenizas resultantes de la combustion de una planta, nos dan la irrefragable prueba de la aptitud del vegetal á absorber de la tierra los elementos minerales fijos que las constituyen; del mismo modo, una observacion superficial nos demuestra tambien con la mayor evidencia, que una familia vegetal se diferencia de otra, tanto por la calidad y proporcion de sus cenizas, como por sus caracteres botánicos; y esto es tan cierto, que hasta los traficantes en cenizas para legías de jabone-

ros, han sabido hacer desde tiempo inmemorial y en su pequeño comercio, aplicaciones tan acertadas, que la ciencia no ha hecho en ellas despues más que coordinarlas y precisar su sentido.

Pero esto, ¿quiere decir que un vegetal dado produciera siempre la misma cantidad de cenizas, sean cualquiera, por otra parte, las condiciones de su desarrollo? ¿Estamos en el caso de establecer que dichas cenizas serán siempre idénticas, aun cuando procedan de una vegetacion cultivada sobre un terreno arcilloso ó calcárco? Ciertamente que no; y precisamente á causa de las variaciones de cantidad y calidad inherentes á estas condiciones diversas, ha sido dificil, durante mucho tiempo, establecer leyes algo rigurosas que espresaran la reparticion de las sustancias minerales en las diferentes familias de los vegetales.

Por fortuna hoy, y gracias á estudios profundos verificados en este sentido por varios químicos eminentes, se ha evidenciado, que tanto en los individuos como en las familias, ejercia una influencia notable, por ejemplo, la naturaleza de un terreno calizo, respecto de otro arcilloso, segun puede observarse por el siguiente estado.

PLANTAS RECOGIDAS.	SOBRE TERRENOS.	
	CALCÁREOS.	ARCILLOSOS.
Brassica oleracea (crucíferas).	27,98	13,62
Brassica napus (crucíferas).	45,60	19,48
Trifolium pratense (leguminosas).	45,32	29,72
Trifolium incarnatum (leguminosas).	36,18	26,68
Scaliosa arvensis (dipsáceas).	28,60	17,16
Allium porum (liláceas).	22,60	11,41
Dactylis glomerata (gramíneas).	6,24	4,62
Quercus pedunculata (amantáccas cupulíferas). .	70,14	54,00
Término medio de la cantidad centesimal de cal.	34,85	22,09

De estos hechos aislados á los hechos generales, no hay más que un paso, como puede deducirse fijando la atencion sobre las siguientes cifras.

PLANTAS RECOGIDAS.	SOBRE TERRENOS.	
	CALCÁREOS.	ARCIL LOSO
1.° En las crucíferas (seis análisis)..	35,79	20,12
2.° En las leguminosas (seis análisis)..	40,26	28,12
3.° En las dipsáceas (cinco análisis).	38,65	20,63
4.° En las salicíneas, del género populus (cinco análisis).	68,87	51,16
Término medio de la cantidad centesimal de cal.	45,87	30,01

Examinando con detenimiento la última columna de los estados que preceden, se observará, que respecto del terreno arcilloso, ha habido realmente absorcion de óxido cálcico por el vegetal, lo cual no debe extrañarse, supuesto que basta que haya en un terreno arable un principio útil á la planta, aun cuando figure en cantidad hasta inapreciable á los reactivos, para que el vegetal vaya en su busca, le separe, aspire y asimile desde las profundidades de la tierra (en donde hubiera permanecido por siempre oculto) á los tallos, hojas, flores y frutos, en donde su localizacion es tan evidente, que basta para demostrarlo una simple combustion al aire libre.

Un agrónomo distinguido ha ido más lejos: ha querido verificar, mediante delicados estudios prácticos, la utilísima investigacion de las sustancias térreas asimilables por diferentes vegetales; idea que realizada con la debida exactitud científica, podrá proporcionar al labrador inteligente, el medio de saber con la precision necesaria, lo que una cosecha quita al terreno que la ha producido, y por lo tanto, lo que

hay que devolverle; si tal sucede, nada más trivial entonces, y dado el caso de llegar á establecer de un modo cierto que el vegetal *A* quita con preferencia un principio inorgánico á la tierra, que no es necesario al vegetal *B*, deducir las producciones que pueden sucederse, sin el menor inconveniente, en los cultivos de los vegetales *A* y *B*.

Dejando ahora á un lado, como de menos interés para nuestro objeto, la influencia sobre la vegetacion de ciertas sustancias térreas constitutivas de las cenizas, tales como la sílice, magnesia, sosa, cloro, ácido sulfúrico, etc., y fijándonos con especialidad en el ácido fosfórico, la cal y la potasa, principios minerales que tan importante papel desempeñan en el cultivo de los cereales y legumbres, deduciremos el grado progresivo en que figuran dichas sustancias en las cenizas de las referidas plantas. Los siguientes estados demostrativos, más elocuentes que cuanto indicáramos en pró de nuestra idea, justificarán plenamente el objeto y aplicacion práctica á que se encamina.

Sustancias minerales contenidas en 100 partes de cenizas.

SUSTANCIAS DE DONDE PROCEDEN LAS CENIZAS.	ACIDO FOSFÓRICO.	CAL.	POTASA.
Patatas	11,3	1,8	15,5
Nabos	6,1	10,9	33,7
Trigo	47,0	2,9	29,5
Id. negro ó africano	50,2	6,6	15,0
Paja de trigo	3,1	8,5	9,2
Avena	14,9	3,7	12,9
Paja de avena	3,0	8,3	24,5
Guisantes	30,1	10,1	35,3
Judías	26,8	5,8	49,1
Habas	34,2	5,1	45,2

Aplicando ahora los resultados de estas análisis, por ejemplo, al cultivo de una hectárea de tierra, obtendremos los siguientes datos de la más alta importancia práctica.

CLASE DE COSECHA.	Cosecha seca.	Cantidad de cenizas contenidas en cien partes de la cosecha.	Caotidad de cenizas por hectárea.	Acido fosfórico.	Cal.	Alcalis, potasa y sosa.
	kilógramos.	*kilógramos.*	*kilógramos.*	*kilógramos.*	*kilógramos.*	*kilógramos.*
Patatas.	3085	4,0	123,4	13,9	2,2	63,5
Nabos (media cosecha).	716	7,6	54,4	3,3	5,9	20,6
Trigo.	1148	2,4	27,5	12,9	0,8	8,1
Paja de trigo.	2790	7,0	195,3	6,0	16,6	18,6
Avena.	1064	4,0	42,6	6,4	1,6	5,5
Paja de id.	1283	5,1	65,4	1,9	5,4	18,9
Guisantes (con abono de estiercol).. . . .	998	3,1	30,9	9,3	3,1	11,7
Judías.	1580	3,5	55,3	14,8	3,2	27,1
Habas.	2121	3,0	63,6	24,8	3,2	28,7

de modo que la cosecha de trigo, recogida sobre una hectárea de tierra, equivale á la sustraccion en ella de 19 kilógramos próximamente de ácido fosfórico: una cosecha de habas quita 22 kilógramos de dicho ácido. Ahora bien; supongamos que en una tierra pobre por sí misma de ácido fosfórico (por supuesto bajo la forma de fosfatos), se repite este cultivo por mucho tiempo, perdiendo cada vez el suelo por las cosechas sucesivas el poco ácido que posee, así como tambien los álcalis y la cal, ¿qué sucederá en definitiva?

Nada más sencillo que preveerlo: la escasez en las cosechas, la mala calidad de las mismas despues, y por último, la ruina del labrador.

La opinion empírica y sistemática de muchos agricultores, tan perjudicial á sus intereses, de creer como sus antepasados, indefinidamente inagotables sus tierras de principios fertilizantes, ora sean minerales ó bien vegetales, es el mayor obstáculo á las buenas prácticas agrícolas de muchos paises, particularmente del nuestro; toda vez que á pocos labradores españoles se les habrá ocurrido hacer, científicamente hablando, esta pregunta á sus tierras: ¿posees la cantidad de principios minerales indispensables á la nutricion y desarrollo de mis cosechas? Y si tienes estos principios, ¿existirán en la misma relacion en que deben figurar respecto de las demás sustancias azoadas, naturales y artificiales (estiércol, etc.), para que haya el mismo equilibrio entre estos principios que, por ejemplo, reclaman las leyes de la alimentacion humana entre los principios plásticos, los respiratorios y las sustancias minerales? Y por último, ¿ya que tú, tierra de mi propiedad, posees un excedente de todos estos principios y en la debida proporcion, te disponen bien los trabajos de labranza, para que funcionen con facilidad y todo provecho dichos elementos, germinada la semilla y á través del admirable laboratorio que representas, animada por el aliento divino?.... O mucho nos engañamos, ó en estas tres preguntas, hechas á cada especie de terreno, condicion de clima y clase de cultivo, se encierra todo el progreso de la agricultura española.

Por lo demás, existe una estrecha relacion entre los productos nitrogenados y el ácido fosfórico. Uno de los mejores químicos modernos de Alemania ha analizado 10 muestras de avena, 10 de cebada, 10 de trigo, y en fin, otras 10 de centeno, cultivadas en tierras de diversas condiciones y calidades. Hé aquí sintetizadas las deducciones que se destacan de los hechos obtenidos en estas análisis.

1.° Que las oscilaciones observadas entre las cantidades de azoe y ácido fosfórico, se hallan comprendidas en límites muy estrechos.

2.° Que igual sucede, por lo menos en cuanto á las semillas, respecto de la cantidad de cenizas.

3.° Que existe una relacion notable entre las materias albuminideas; por manera, que puede admitirse que la formacion de las sustan-

cias albuminideas, en los granos, está subordinada á la existencia de los fosfatos.

4.° Esta relacion difiere para cada materia albuminidea: los granos de las leguminosas, que principalmente contienen albúmina soluble y legúmina, poseen para la misma proporcion de ácido fosfórico, vez y media ó dos veces más nitrógeno que los granos de los cereales, muy ricos segun es sabido en gluten.

5.° Finalmente, que cuando una de las sustancias protéicas es reemplazada por otra, en las semillas de la misma especie y de la misma variedad, cambia forzosamente tambien por este solo hecho la relacion proporcional entre el ácido fosfórico y el nitrógeno.

Deduciendo ahora la enseñanza de utilidad práctica, que para la agricultura racional parece desprenderse de lo expuesto en este capítulo, resulta que es preciso proporcionar á la tierra, á todo trance, azoe asimilable y fosfatos térreos.

IV.

Consideraciones generales relativas á los fosfatos térreos de Europa y América, y estudio particular de los de España.

El fosfato básico de cal, bajo la forma de huesos, ha sido siempre objeto de un empleo considerable en agricultura. Con solo considerar que 1 kilógramo de huesos contiene el ácido fosfórico necesario para la produccion de 60 kilógramos de trigo, y que por lo tanto, exportando anualmente los ingleses un millon de quintales de huesos, pueden hacer producir á sus tierras, casi exhaustas ya de este principio fertilizante, un aumento de muchos millones de trigo más todos los años, nadie extrañará que se busquen con tanto afan por todo el mundo para el comercio agrícola el negro de huesos, los resíduos de las fábricas de botones, los restos de los esqueletos animales, que desde tanto tiempo blanquean en la superficie de las pampas de Buenos-Aires, y

en fin, llegue alguna vez la fiebre de la especulacion mercantil hasta profanar los campos de batalla (1).

La composicion centesimal de los huesos privados del periostio, médula y grasa, es la siguiente:

Cartílago	32,25
Vasos	1,01
Fosfato básico de cal	52,26
Id. de magnesia	1,05
Cloruro cálcico	1,00
Carbonato de cal	10,21
Sosa	0,92
Cloruro sódico	0,25
Oxidos de hierro, de manganeso y pérdida	1,05
	100,00

Por consiguiente, los huesos privados de grasa contienen 52 por 100 de fosfato básico de cal, y además 7 por 100 de azoe.

Las cenizas de huesos destinadas á la agricultura, ofrecen, término medio, la composicion siguiente (cenizas de huesos procedentes de la América del Sur):

Carbon y materia orgánica	3
Resíduo silíceo	14
Fosfato de cal y magnesia	72
Carbonato de cal y pérdida	11
	100

(1) Un periódico inglés (*el Times*), denunció hace uno ó dos años al Gobierno inglés un cargamento de 230 toneladas de huesos (18.400 arrobas), procedente de Sebastopol.

La composicion centesimal del negro de huesos, destinado primero á las refinerías de azucar y despues á la agricultura, puede estimarse en la composicion media siguiente:

Fosfato de cal y de magnesia.	72
Carbonato de cal.	3
Sílice.	1
Carbon.	23
Materia orgánica y pérdida.	1
	100

Demostrada la utilidad agrícola de los restos óseos de los animales, como puede comprobarse al ver la regeneracion actual de los campos de Inglaterra, en donde, como hemos consignado, se consume anualmente más de 1.000.000 de quintales de huesos, es indudable que tambien ofrecerán grande interés para dicho objeto los huesos más ó menos fosilizados, es decir, modificados de cierto modo y bajo la influencia de los siglos en la superficie ó seno de la tierra, toda vez que conserven las propiedades fertilizantes (fosfatos) requeridas para el cultivo.

Hay capas considerables de la corteza del globo que están constituidas por cubiertas sólidas de animales inferiores formadas por despojos de innumerables generaciones; estas capas se explotan actualmente, ya como agentes fertilizantes de grande valor agrícola, ó ya como materiales de construccion. En 45 gramos próximamente de una piedra de las montañas de Casciana, en Toscana, ha recogido Soldani 10.454 conchas microscópicas de tan poca densidad, que 500 de estas conchas pesan solamente 54 milígramos, habiendo algunas de la misma especie en que 1.000 individuos escasamente llegarian á pesar 50 milígramos.

Ehremberg ha calculado que 27 milímetros cúbicos del Trípoli de Bilin, en Bohemia, representan unos 41.000.000 de estos infusorios de caparazon silíceo.

Muchas margas, y calizas de construccion, contienen por toda su masa restos de myriades correspondientes á las especies *cypris*, *numolitos* y *melliolos*.

Pero de todas estas formaciones, fósiles, ninguna más singular, en su género, que la estudiada por Alcides d'Orbigny al lado de la inmensa cadena de los Andes; este distinguido químico geólogo ha comprobado allí la aglomeracion considerable de los huesos fósiles de Buenos-Aires, formada sobre una superficie próximamente de *noventa y cinco mil kilómetros cuadrados de superficie*, de una tierra rojiza que cubre, ya esqueletos enteros, ó bien huesos sueltos pertenecientes á mamíferos.

En casi todos los paises de Europa y de América, se han hecho importantes descubrimientos de animales fósiles en mayor ó menor extension territorial: España no tiene que envidiar, bajo este punto de vista, á ninguna nacion, supuesto que ha sido tan favorecida como la que más en las indicadas investigaciones, segun puede verse por los trabajos de los distinguidos naturalistas y geólogos, Sres. Graells, Prado (D. Casiano), Colmeiro (D. Miguel), Luxan, Vilanova, etc. Los importantes estudios estadísticos y geológicos, que en la actualidad se ejecutan en España, darán á conocer, *debe esperarse*, cuanto en este sentido reclaman hoy imperiosamente la ciencia geológica, y sobre todo la agricultura nacional.

Por lo demás, hé aquí la composicion centesimal de los huesos fósiles.

NOMBRE DE LOS HUESOS.	Materia orgánica.	Fosfato de cal.	Fosfato de magnesia.	Carbonato de cal.	Materia silícea y fluoruro de calcio.
Buey. . parte compacta.	10,03	71,1	1,5	11,8	»
Buey. . — esponjosa.	8,00	63,3	1,2	5,2	17,2
Rinoceronte.	indicios	59,0	»	43,3	2,6
Hiena.	20,00	72,0	1,3	4,7	»
Mastodonte (defensa). . .	»	56,5	0;7	13,1	24,0
Oso. . . parte compacta.	»	59,7	0,4	23,6	9,8
Oso. . . — esponjosa.	»	23,1	1,2	67,5	14,0
Tortuga (vértebras). . . .	»	61,1	0,7	10,6	18,6

Reflexionando sobre estos resultados, puede deducirse que en un hueso fósil, el tejido orgánico ha sido más ó menos destruido y reemplazado por varias sustancias minerales, segun el tiempo trascurrido y la calidad de los terrenos en donde la fosilizacion se haya verificado.

Pero la ciencia no se ha limitado únicamente á ilustrar á la agricultura é industria, sobre los yacimientos de fosfatos procedentes del enterramiento de los huesos, sino que ha ido mucho más allá, y no ha cedido hasta dar cumplida cima á su noble y humanitaria empresa de sondear los más recónditos lugares de ese inmenso depósito de la materia, en donde existen los restos de antiguas generaciones para nutrir con ellos á las presentes, á la manera que hoy alimentamos nuestro espíritu con los restos del saber ó del ingenio condensados en los archivos y bibliotecas, verdaderos campos de la inteligencia.

A la geologia, á esa brillante ciencia, nacida hoy á nuestra vista y

que á semejanza del águila inaugura su gigante vuelo remontándose hasta el sol de la creacion, le estaba reservada la envidiable gloria de demostrar un nuevo testimonio de la sublime prevision con que la bondad divina guarda en depósito, para las necesidades de la humanidad, tesoros inapreciables.

En efecto, inmediatos á los restos fósiles de los gigantescos reptiles, por ejemplo, del *Ichthyosaurus communis* y del *Plesiosaurus dolichodeirus* (sauricenos), que el distinguido geólogo inglés Buckland (1) ha estudiado en los depósitos próximos á las séries secundarias del globo, han sido descubiertos por el mismo, verdaderos excrementos fósiles, ricos en fosfatos de cal, á los que se designan con el nombre de *coprolithos* (fosil fœces) de la misma, distinguiendo con el de *pseudo-coprolithos* las masas fosfatadas, de orígen probablemente orgánico, pero que han sufrido profundas modificaciones antes de ofrecer la forma con que hoy aparecen, y que se conoce con el nombre vulgar de *nódulos*.

Hé aquí la composicion centesimal de dos especies de coprolithos hallados en Inglaterra.

Coprolithos de Cambridge.

Agua.	8,00
Materia orgánica.	3,00
Sílice.	9,00
Fosfato de cal.	77,70
Carbonato de cal.	2,30
	100,00

(1) Buckland, Transactions of Société géologique.—London, 1829, tercer volumen, página 224.

Coprolithos de Suffolk.

Agua combinada.	10
Arena y óxido de hierro.	21
Carbonato de cal.	10
Fluoruro de calcio, sulfatos y cloruros alcalinos..	3
Fosfato de cal..	56
	100

En vista de la composicion de los coprolithos, no puede uno menos de admirar la Sabiduría eterna, que ha dispuesto vengan en el siglo XIX á ser elementos prodigiosos de fertilidad para nuestros campos, pobres en fosfatos, cuando no completamente exhaustos de él, los restos de animales que han existido antes de la aparicion del hombre sobre la tierra; á la manera que la hulla, descubierta en nuestros dias, dá calor y potente fuerza á la familia humana, despues de haber purificado el aire que habia de respirar, aislando con su vigoroso ramaje verde y guardando despues en las entrañas de la tierra, el carbono que robó á la atmósfera en la primera época del mundo.

Respecto á la naturaleza y formacion del fosfato de cal, conocido con el nombre de *nódulos*, puede admitirse que acumulados los detritus de animales bajo la influencia de grandes trastornos geológicos, hayan sufrido profundas alteraciones, y que actuando sobre ellos el ácido carbónico y demás agentes meteorológicos, experimentáran los fosfatos enterrados en las diversas capas de los terrenos la accion de las varias corrientes, convertidos en su mayor parte en fosfatos ácidos, los cuales en presencia de la cal han formado despues fosfato básico de cal; por lo menos el agrupamiento alternativo de la cal, bajo la forma de carbonato y fosfato básico, hacen suponer una conversion pseudo-mórfica, fundamento de esta teoría, igual hasta cierto punto á la que explica la formacion de los pseudo-coprolithos.

Por lo demás, y aun cuando los nódulos difieren bastante en la apariencia de los coprolithos, poseen, sin embargo, caracteres que los aproximan mucho á los excrementos petrificados, y que sirven para demostrar de una manera muy racional su orígen orgánico: en efecto, los nódulos son azoados como los coprolithos, y como ellos, desprenden un olor *sui generis*, por el frote ó mediante la accion de los álcalis; finalmente, su riqueza en fosfatos, hace deban ser clasificados al lado de estos curiosos excrementos, que bajo el nombre de *fossil-fœces* fueron objeto de las profundas investigaciones de Buckland en 1829.

Varios son los puntos de Europa en donde han sido descubiertos extensos yacimientos de esta clase de fosfatos (utilizables ya en agricultura), figurando entre los más ricos por su extension y cantidad media, en fosfatos asimilables, los estudiados en 1853 por Mr. Delanoue en el terreno cretáceo del Norte de Francia: en Inglaterra hace tambien bastante tiempo que son conocidos los nódulos correspondientes al terreno cretáceo superior, así como igualmente los existentes en la base del terreno terciario superior.

Estos terrenos, designados generalmente con los nombres de *Surrey* y *Tun*, existen en muchos puntos de nuestra Península, y se hallan marcados con el color verde en los mapas formados por los distinguidos individuos de la Comision geológica de España.

Los nódulos se presentan bajo la forma de masas amorfas redondeadas ó arriñonadas, á modo de geodas; su color varia desde el blanco, blanco rojizo y ocráceo, al ceniza-claro; su sabor es térreo-arcilloso ó cretáceo; su densidad = 22; son porosos y por lo tanto permeables á los gases; absorben de 64 á 70 por 100 de su volumen de agua, circunstancia preciosa para la agricultura.

Su composicion media centesimal, es la siguiente:

Agua y materia orgánica.	7,200
Cloruro sódico y sulfato de sosa.	(indicios)
Carbonato de cal.	18,814
Idem de magnesia.	0,855

Sulfato de cal.	(indicios)
Fosfato básico de cal.	51,018
Id. de magnesia.	(indicios)
Id. férrico.	8,902
Id. de alúmina.	2,700
Oxido de manganeso.	0,057
Fluoruro de calcio.	3,161
Alúmina, óxido de hierro, ácido silícico, arena y pérdidas. .	7,295
	100,000

Entre los fosfatos de más alta importancia para la agricultura, figura tambien, y quizá en primera línea, el *huano* ó *guano* llamado del Perú; pero aunque es cierto que en él concurren admirablemente asociados los elementos fertilizantes, es decir, el azoe y los fosfatos solubles, no es menos positivo que hay muchos casos en que aplicado el guano á una tierra rica en detritus orgánicos, y por lo tanto sin necesidad alguna de azoe artificial, cobra, como por encanto, todo su vigor á espensas del otro principio fertilizante, esto es, de los fosfatos; y en este caso, ¿cómo no considerar el guano como abono regenerador fosfatado, semejante en su efecto final y práctico á los coprolithos y nódulos?

El guano se halla en multitud de pequeños islotes del mar del Sur, sobre las costas del Perú y de Chile: esta sustancia se encuentra depositada por capas que algunas veces miden hasta 20 metros de espesor, cuyas capas son explotadas como pudiera hacerse, por ejemplo, con un mineral de hierro. Dichas islas son habitadas por multitud de aves acuáticas, especialmente de la tribu de las Ardeas y Phenicópteras, que anidan por la noche, y cuyos excrementos son completamente idénticos con la materia de las más antiguas capas de estos depósitos. Sin embargo, hecho el cálculo del tiempo que seria necesario para cubrir con los excrementos de estas aves la superficie de las referidas islas hasta la altura de 1 centímetro, y resultando ser precisos tres siglos para obtener este resultado, se admite en vista del espesor actual (que supone, siguiendo esta teoría, son habitadas estas islas por

dichas aves, desde hace seiscientos mil años), que la masa principal del guano es un producto antidiluviano.

Sea de esto lo que quiera, ello es cierto que desde tiempo inmemorial, y por supuesto mucho antes del descubrimiento de América, ya usaban los peruanos esta materia para hacer productivas sus tierras naturalmente estériles, aplicándola sobre todo y en cortas porciones para el cultivo del maiz.

En nuestros dias puede decirse que ha sido conocido el guano en Europa como excelente abono: en efecto, en 1841 varios buques ingleses trajeron como lastre, por indicacion de Humboldt, unos cuantos centenares de toneladas de él y comenzaron los ensayos agrícolas, con tan feliz éxito, que ya en 1858 se habian exportado para Europa muy cerca de 3.000.000 de toneladas de guano, que al precio medio de 1.500 rs. tonelada, representan un valor de 4.500.000.000 de reales que ha utilizado hasta aquella época la república peruana.

Pero como quiera que desde el año de 1858 hasta el presente ha ido en aumento más bien que disminuyendo el empleo agrícola del guano del Perú, no creemos sea exagerado el apreciar la cantidad exportada hasta el dia á Europa en unos 4.000.000 de toneladas, representando próximamente un valor de 5.600.000.000 de rs.

El importante descubrimiento de inmensos depósitos de guano sobre la costa Sur de Africa, y en otros puntos de América, ha venido á aumentar el empleo de este interesante abono.

Aunque todos los guanos constan esencialmente de urato y oxalato de amoniaco, fosfato y oxalato de cal y de una base particular, la *guanina* ($C^{10}H^5N^5O^2$), descubierta en 1844 por Unger, sin embargo, bueno será consignar en este sitio la composicion media centesimal de los más importantes.

Guano normal del Perú.

Agua	15,82
Materias orgánicas y sales amoniacales	52,52
Sílice y arena	1,46

Fosfato de cal	19,52
Sales alcalinas	7,56
Acido fosfórico	3,12
	100,00

Nota. Estas cifras determinadas despues de la análisis de 15 porciones distintas, se refieren á las Guaneras de las islas *Chinchas*, situadas á los 13 ½ grados de latitud austral, y próximamente 4 leguas al O. N. O. de Pisco.

Guano de la isla de los Galápagos (Ecuador).

Fosfato de cal	63,3
Nitrógeno	0,7
Arena y arcilla	19,0
Nitrato de potasa	3,0
Carbonato de cal, óxido férrico y pérdida	14,0
	100,0

Guano de la isla de Santo Tomás, situada á 18°,35 latitud Norte, y 63°,28 O. de Greenwich.

Agua	8,96
Fosfato de cal	37,71
Fosfato de alúmina y hierro	44,21
Fosfato de magnesia	4,20
Sulfato de cal	0,86
Carbonato de cal	3,36

Acido silícico soluble	0,30
Arena	0,40
	100,00

Nota. El yacimiento de esta sustancia mide cerca de 12 metros de espesor; se han extraido más de 70.000 toneladas en menos de dos años!....

Réstanos, para terminar este asunto, decir cuatro palabras acerca de los guanos llamados de Baker y Tarvis, que tanta fama gozan hoy en la agricultura.

Dichos guanos proceden de dos islas denominadas como los abonos respectivos, y situadas á 0°,3 de latitud S. y 150 á 160° de longitud O. (Greenwich). Estas islas, formadas por corales, no tienen agua ni vegetacion, y se elevan de 7 á 12 metros sobre el nivel del mar: su extension es bastante limitada: tres islas tienen hasta 5 millas de longitud, y una 3 millas de latitud. Sirven de guarida y parada á multitud de aves marítimas, que cubren con sus excrementos la superficie; y si á esto se agregan las tortugas y pescados que las aves traen para sus pequeñuelos, y en fin, los restos de las que mueren en este punto, se comprenderá toda la importancia que semejante abono ofrece á la agricultura.

Composicion centesimal del guano Baker.

Fosfato de cal ($3CaO, PhO^5$)	78,7
— de magnesia	6,1
— férrico	0,1
Sulfato de cal	0,1
Acido sulfúrico, potasa, sosa, cloro, materia orgánica y agua	15,0
	100,0

Guano Tarvis.

Fosfato de cal	33,4
— de magnesia	1,2
— férrico	0,1
Sulfato de cal	44,5
Acido sulfúrico, potasa, sosa, cloro, materia orgánica y agua.	20,8
	100,0

Mucho se ha discutido acerca del por qué obra el guano como agente fertilizador: unos pretenden que su accion depende de los fosfatos; otros de las sustancias azoadas, particularmente las sales amoniacales y el ácido úrico; y por último no falta quien crea que la fertilidad que el guano da á los campos, es debida á una sal doble constituida por la guanina y el amoniaco. Estudios experimentales muy recientes, y practicados por uno de los químicos más célebres de Europa, por el Baron Liebig, demuestran que ninguna de estas teorías es verdadera, supuesto que añadiendo todos estos principios indicados, bien sea uno á uno, ó conjuntamente y extendidos como el abono en cuestion, sobre los campos, no han ofrecido estos cuerpos la influencia fertilizante que el referido guano natural; en vista de esto, y habiendo observado dicho químico la notable proporcion de ácido oxálico, que ora libre, ó bien bajo la forma de oxalato de amoniaco, acompaña constantemente á todos los guanos de primera calidad, sienta como verdadera causa de la influencia fertilizante de este abono la reaccion que tiene lugar, á expensas de la humedad, entre el ácido oxálico y el oxalato de amoniaco, sobre la cal de los fosfatos, de lo cual resultan fosfatos ácidos solubles, y por lo tanto absorbibles por las raices de las plantas, y sales amoniacales, solubles igualmente por dicho aparato aspirador.

La práctica comprueba en cierto modo esta importante teoría, pues todos los labradores prácticos y observadores de nuestro pais, como por ejemplo los de la huerta de Valencia, saben:

1.° Que el guano húmedo es menos activo que el seco.

2.° Que cuando se emplea bien seco el guano y llueve moderadamente y en tiempo oportuno, se nota muchísima mayor fertilidad en los campos.

En el primer caso se comprende bien, que siendo solubles el ácido oxálico y el oxalato de amoniaco, se han de marchar y perder con el agua añadida dichos cuerpos; y respecto del segundo hay que advertir, que si llueve excesivamente, claro es que el agua se llevará tambien en disolucion ambos cuerpos; pero si por el contrario, la lluvia es suave y á tiempo, se va verificando, sin pérdida alguna, la disolucion de los fosfatos ácidos y de las sales amoniacales, y pasan convenientemente al organismo vegetal.

La importancia y exactitud de esta nueva teoría, hace indispensable comprobar la existencia y cantidad de ácido oxálico que haya en todo guano antes de emplearle, supuesto que su utilidad se halla en cierto modo subordinada á este ácido. Hé aquí cómo debe procederse.

Se toma una cantidad dada de guano y se hierve con ácido nítrico; se filtra y lava el resíduo; en seguida se añade ácido hidroclórico que disuelve el oxalato de cal y el fosfato restante, quedando aislado el ácido úrico. El líquido ácido se neutraliza por el amoniaco que precipita el fosfato y oxalato; tratados ambos por el ácido acético, solo se disuelve el fosfato; se vierte el oxalato sobre un filtro, se lava, pesa, etc.

Reconocida plenamente por una experiencia de más de 30 años la importancia de los fosfatos térreos en la agricultura moderna, y siendo insuficientes los abonos naturales que los contienen (guano, coprolitos, nódulos, etc.) para las necesidades del cultivo universal, ha sido forzoso que el espíritu mercantil del hombre busque con sus brazos de pólipo en otros países yacimientos de fosfatos minerales, de donde la industria pueda sacar en buenas condiciones de asimilacion y coste el principio fecundante (fosfato de cal) que los exhaustos campos reclaman: de aquí la explotacion de las apatitas y fosforitas que hoy dia se hace en ciertos países, y las que en lo sucesivo se harán, sobre todo en España, cuando los medios de comunicacion permitan beneficiar dichos minerales con ventaja para la nacion y el comercio.

Apatitas. Bajo este nombre se distinguen varias especies mineralógicas constituidas por fosfato de cal, más fluoruro y cloruro de cálcio

segun la fórmula general, $3\,Ca^3\,\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{Ph}}\,:\,:\,+\,Ca\,(Fl,\,Cl^2)$. Su forma cristalina dominante es el prisma exaedro regular, diversamente modificado: tienen color variable, unas veces ofrecen un matiz verde espárrago (esparraguina), otras rojo como la de Noruega, y así sucesivamente segun el grado de oxigenacion del hierro, que bajo el estado de fosfato de hierro forma con frecuencia parte constituyente de dichos cristales; por cuya razon deberia modificarse la fórmula racional de ellos, toda vez que acaso no representa fielmente la verdadera composicion de dichas especies mineralógicas.

Hé aquí la composicion media centesimal de las principales apatitas, explotadas actualmente en Europa para la agricultura.

Apatita de Kragero (Noruega).

Agua higroscópica	0,63
— de combinacion	0,60
Acido fosfórico	40,94
Cal	54,12
Cloruro de cálcio	1,61
Magnesia	0,20
Fosfato férrico y alumínico	0,45
Parte insoluble (arena)	0,95
Alcalis	0,50
	100,00

Apatita de Snarum (Escania).

Acido fosfórico	41,48
Cal	49,65
Cloro	2,71

Fluor	2,21
Cálcio	3,95
	100,00

Apatita de Greiner (Tirol).

Fosfato	92,16
Fluoruro de cálcio	7,69
Cloruro de cálcio	0,15
	100,00

Apatita de Ehrenfriedersdof (Alemania).

Fosfato de cal	92,31
Fluoruro de cálcio	7,69
Cloruro de cálcio	indicios
	100,00

APATITAS DE ESPAÑA.

Apatita del Cabo de Gata (provincia de Almería).

Fosfato de cal	92,066
Fluoruro de cálcio	7,049
Cloruro de cálcio	0,885
	100,000

Apatita de Jumilla (provincia de Murcia). La importancia que para el porvenir ofrece este mineral, hace que nos detengamos un poco más en su descripcion, respecto de lo que hemos hecho con los anteriores.

La apatita de Jumilla se halla á dos leguas escasas del pueblo cuyo nombre toma, y al lado de un cortijo denominado *la Celia*, distante 3 leguas de Hellin y 7 de Alicante; su yacimiento, en el seno de una traquita, comprende una extension considerable, á juzgar por las muchas y ricas venas de mineral descubiertas en los varios cerros de orígen volcánico en que hasta ahora se la ha reconocido. Se presenta bajo tres aspectos diferentes, unes veces formando como estaláctitas de magníficos cristales cubiertos por una capa de carbonato de cal; otras son masas de hierro oligisto, tapizadas de cristales verdes (esparraguina); y por último, y es lo más frecuente, formando extensas masas porosas llenas de cristales, de grandor y coloracion variables.

Hé aquí la composicion media de este mineral.

Cristales.

Agua	0,3
Fosfato de cal $Ca^3 \dddot{P}h$	78,8
Magnesia	0,2
Oxido ferroso	1,5
Alúmina	1,2
Oxido de cerio y lantano	1,5
Fluoruro de sódio y potasio	1,0
Clorina	indicios
Sílice	0,4
Fluoruro de cálcio	15,1
	100,0

Ganga.

Sílice	0,99
Fosfatos	7,49
Carbonato de cal	91,52
	100,00

Fosforita de Logrosan. Desde tiempo inmemorial es conocida en Logrosan una clase de piedra, sobre la que se halla construida una parte del pueblo, y dotada de la cualidad curiosa de producir una luz fosfórica, echada en polvo sobre las ascuas.

Se cree generalmente que el sábio inglés Bowles fué el primero que describió este mineral, hace más de un siglo, en una excursion científica que desde Almaden hizo á dicho punto: desde entonces ha venido figurando este curioso mineral en todas las obras de mineralogía bajo el nombre de *fosforita*, asignado originariamente en la localidad donde existe, sin duda á causa de su principal carácter distintivo.

Pero si bien nadie, medianamente instruido en mineralogía, desconocia en España esta especie curiosa, no ha sido fácil apreciar su importancia como precioso abono, hasta que la ilustracion y necesidades agrícolas de Inglaterra, han venido á dar en cierto modo la voz de alerta á nuestro país: hé aquí de qué modo.

No bastando á la inteligencia calculadora de los ingleses remediar la escasez de los huesos importados para el cultivo de sus campos, con la explotacion de sus criaderos de fosfato de cal, calcularon para cuánto tiempo podria la nacion contar con este abono natural, de aplicacion cada vez creciente, á fin de tener, en el caso contrario, almacen de repuesto en otro punto del globo, el dia en que los recursos propios se agotasen. Entonces fué cuando, convencidos de que á la vuelta de pocos años darian fin con sus filones de apatita, investigaron dónde podrian hallar reemplazo á este fosfato, capaz de producir el mismo beneficio que él en sus tierras.

Orientados por las citas de varios autores de mineralogia, españoles y extranjeros, recordaron que en la provincia de Cáceres en Extremadura, y al pié de un pueblo llamado Logrosan, existia una sustancia conocida con el nombre de fosforita, que atendida su naturaleza química, debia desempeñar completamente en la industria agrícola el papel de la apatita; y en efecto, el año de 1841 verificaron un viaje con este objeto al citado punto, el sábio naturalista de Oxford Mr. Daubeny, el capitan de la marina mercante Widdrington, y dos ingenieros ingleses.

Examinado con detencion el terreno por estos señores, se convencieron, no solamente de ser cierta la existencia del fosfato de cal (fosforita) en Logrosan, sino sobre todo de que los yacimientos de ella eran de suma consideracion: regresaron á Inglaterra con muestras del mineral, y al siguiente año compraron hasta 500 quintales de él con objeto de hacer ensayos agrícolas.

Situado Logrosan al E. de la provincia de Cáceres (Extremadura Baja), confina al N. E. con la provincia de Toledo, á distancia de 7 á 8 leguas, y al S. E. con la Mancha Baja, distante de 11 á 12 leguas, siendo en su mayor parte despoblado, sin camino, y por lo tanto de muy difícil trasporte. Desde Trujillo á Logrosan hay 8 leguas muy cumplidas, de camino de herradura, hallándose varios pueblos situados á las distancias siguientes:

	Leguas.
De Trujillo á Herguijuela.	3
Herguijuela á Conquista.	1
Conquista á Zorita.	1
Zorita á Logrosan.	3
TOTAL.	8

Hay dos vias de trasportes, una á Portugal por Badajoz, y la otra á Cádiz por Mérida y Sevilla. La primera puede seguir la siguiente direccion:

	Leguas.
De Logrosan á Miajadas	7
Miajadas á Badajoz	17 1/2
Badajoz á Lisboa, por el ferro-carril	»
TOTAL	24 1/2

El segundo camino, mucho mejor para la exportacion de nuestros productos, es además el que se adoptó para la conduccion de los 500 quintales de fosforita, de que me he ocupado anteriormente, á saber:

	Leguas.
De Logrosan á Miajadas	7
Miajadas á Mérida	9
Mérida á Lisboa por el ferro-carril	»
TOTAL	16

Verificada la construccion del camino de hierro de Socuéllamos á Badajoz, distará Logrosan 7 leguas de la via férrea, y construido el de Mérida á Sevilla, distará solo dos jornadas dicho pueblo del punto de partida, es decir, de Mérida; pero es muy probable que en el nuevo trazado quede comprendido Logrosan, como punto importante de la línea.

La fosforita es conocida tambien en Logrosan con el nombre de mineral *de la Costanza*, por haberse hecho el primer reconocimiento en la calle de este nombre.

La fosforita se presenta bajo la forma de masas amorfas de color blanco ocráceo, con manchas rojizas exterior é interiormente; inodora en su estado normal y por el frote, mediante el que no desarrolla electricidad alguna; observada con detencion en su superficie y centro, es facil distinguir que domina en ella una textura semifibrosa, tal cual vez radiado-fibrosa, constituyendo haces cilíndricos en forma de pluma,

algo brillantes: es insípida y poco tenaz, se presta fácilmente á la pulverizacion, dejando al tacto, que es suave, una huella cretáceo-ferruginosa. Examinada al microscopio, ofrece el aspecto de figuras concoideas entremezcladas con granos esféricos; unas y otros sin color ni trasparencia alguna.

Es completamente fija é infusible al soplete, pero guarda el calor por algun tiempo, así como tambien un disco luminoso perceptible en la oscuridad, que el dardo de la llama origina alrededor del punto sometido al ensayo.

Posee el carácter distintivo de fosforecer con llama de color *verde-prado* cuando se la proyecta en polvo fino sobre las ascuas en un paraje oscuro, á cuyo fenómeno debe el nombre vulgar que la distingue: frotada consigo misma, al abrigo de la luz, desarrolla ráfagas fosforescentes; es insoluble en agua, aun saturada de ácido carbónico (dificultad importante para su empleo directo en agricultura); se disuelve casi por completo en los ácidos nítrico, sulfúrico é hidroclórico, con alguna efervescencia en frio y muy perceptible en caliente, lo cual da á entender el orígen quizá fosilífero de este fosfato, pues sabido es que los fosfatos óseos no hacen apenas efervescencia en frio con los ácidos. Su densidad varia entre 2,05 y 2,85. Representa 2,400 á 2,825 kilógramos por metro cúbico, segun que se elijan masas compactas ó fragmentos de pequeño tamaño.

Hé aquí la análisis media centesimal de esta sustancia.

Agua	0,40
Fosfato básico de cal ($Ca^3Ph^{\cdot\cdot\cdot}$)	82,10
— de magnesia	0,30
— de hierro	5,20
Fluoruro de cálcio	7,51
Carbonato de cal	1,74
Cloruro de cálcio	0,40
Sílice	2,55
	100,00

Segun los estudios geológicos más recientes, resulta que los *filones-capas* de este mineral se hallan intercalados entre esquistos silurianos, ocupando un espacio de 30 á 40 kilómetros cuadrados.

Cinco son los principales yacimientos de fosforita reconocidos hasta ahora. Hé aquí sus nombres.

1.° El *Jinjal;* presenta una potencia media de metros 0,80, y se cree se prolongue á más de 300 metros.

2.° *Casillon;* ofrece una potencia media de 1,50 á 2 metros.

3.° *Nuestra Señora del Consuelo;* su potencia es considerable, y forma varias venas que á muy poca profundidad van á unirse en un solo cuerpo formando otro yacimiento, al que se ha denominado *Angustias.*

4.° *Filon de la Costanza*, nombre dado á causa de la calle y olivar en donde aflora: ofrece un desarrollo estimado en 3.700 metros. Su potencia llega en muchos puntos á 8 y 10 metros, siendo el mínimum 1 metro: por consiguiente, no cabe error en calcular como término medio $2^{m},50$ de fosfato de cal compacto.

5.° *Cerro Colorado;* reconocido sobre 100 metros, y con una potencia de 2 metros.

Puede muy bien exportarse actualmente la fosforita por el Tajo á Lisboa, bien sea llevándola (se entiende, con un servicio de trasporte en grande escala y bien montado) á Alcántara, Barcas de Alconetar, ó bien á Cedillo.

Establecido el ferro-carril, que enlace por este punto Extremadura á Portugal, podrán expedirse todos los años á Francia, y sobre todo á Inglaterra, muy cerca de 200.000 toneladas de fosforita.

Segun los cálculos del ingeniero inglés Rosway, exportando anualmente solo de 50.000 á 60.000 toneladas de fosforita por año, será preciso cerca de un siglo para agotar los yacimientos de Logrosan. Por manera que si este cálculo es exacto, y se admite el valor del quintal al precio medio de 20 rs. para los fosfatos de 80 por 100 de riqueza, resulta que las 60.000 toneladas anuales (de 22 quintales) representarian la suma de 26.400.000 rs., y suponiendo que esta explotacion durase los cien años dichos, equivaldria el fosfato de Logrosan á una riqueza igual á 2640.000.000 de reales.

Sin embargo, bueno es indicar ante tan halagüeña prespectiva para la riqueza del pais, cuando los medios de trasporte lo permitan, que quizá sea mucho más útil y beneficioso para la agricultura española emplear en nuestros campos semejante riqueza, qué no dársela al comercio extranjero. Por nuestra parte, abrigamos la opinion de que sería preferible aprovechar, bajo la forma de cereales vendidos en los mercados de Europa, el exceso de nuestras cosechas debido al fácil y económico uso de este abono preparado y puesto al alcance del último labrador, en cuya tierra hiciera falta, que no beneficiar sin criterio nacional alguno, y solo á *venga-dinero*, la primera y más útil materia agrícola para el pais: cuando mas, y despues de estar bien seguros por las análisis de los terrenos cultivables de toda la Península, de no despojarnos imprudentemente de lo que la Providencia ha derramado con tanta prodigalidad en nuestro suelo, deberíamos vender los sobrantes de dicho abono natural, verdadero guano por sus muchas é importantes aplicaciones.

Daremos fin á este importante capítulo, señalando la existencia de dos nuevos yacimientos de fosfatos de cal en la provincia de Cáceres; uno á media legua de la misma capital, y el segundo á seis leguas de distancia en la sierra de Montanchez y punto denominado Albalat. Ambas formaciones son de suma importancia, en particular la primera por la grande extension que abarca y la riqueza del mineral; la segunda, aunque ofrece un fosfato de igual ley y extructura que el de Logrosan, de donde dista unas seis leguas en la direccion á Mérida, no se presenta hasta ahora con la potencia que el anterior, cuya formacion he reconocido en una extension de más de dos kilómetros, siendo su riqueza mínima de 50 por 100 de fosfato de cal, y la máxima en las pertenencias denominadas Labradora, Cacereña y Abundancia, de 70 por 100 de dicho fosfato, segun mis análisis y las de los distinguidos químicos Bobierre y Friedel.

El mineral de Montanchez ofrece una riqueza media de 80 por 100 de fosfato de cal tribásico. Todos estos fosfatos llamean con luz verde prado cuando se les frota, y sobre todo proyectados en polvo fino sobre las ascuas, y se disuelven con efervescencia en el ácido hidrocló-

rico, dejando además un residuo más ó menos silíceo segun su respectiva riqueza en principios solubles.

He tenido ocasion de estudiar estos notables yacimientos, de mayor importancia en mi juicio que los de Logrosan, y al considerar su situacion tan conveniente para el trasporte á Lisboa, y en fin la facilidad con que pueden explotarse, no dudo en asegurar, que montando, sea en Cáceres ó en un sitio próximo á dichas minas, un tratamiento en grande escala mediante el ácido sulfúrico, y ora sea fabricado allí mismo, ó bien, y sería preferible, trasportándole de Inglaterra á cambio de mineral, por ejemplo, podia hacerse de esta inmensa riqueza agrícola el primer centro de abonos artificiales, no ya de España sino de Europa entera, hasta el punto de llegar nuestra Estremadura á ser otras islas Chinchas bajo este punto de vista, máxime utilizando para dicho fin los muchísimos despojos animales que en toda Estremadura, y particularmente en Candelario y Montanchez, se tiran, y por lo tanto se pierden para el cultivo.

No hay que hacerse ilusiones: el porvenir y desahogo rentístico de España estan en razon directa de su desarrollo agrícola.

V.

Análisis cualitativa de las tierras arables, bajo el punto de vista agrícola.

El objeto de este capítulo es describir algunas operaciones sencillas, que permitan conocer al labrador la naturaleza relativa de sus tierras, y la existencia ó ausencia de algunos de los principios más importantes para el cultivo de las mismas, sin cuyo conocimiento mal podrá dar á sus campos aquellos elementos que él les haya quitado bajo la forma de cosechas ó ganado.

La arcilla y la arena constituyen la base principal de la tierra arable; por consiguiente le es indispensable al labrador conocer la constitucion de sus tierras, si ha de comprender la influencia de la humedad

y el calor sobre ellas. La arcilla ó la arena aisladamente son impropias para el cultivo, mientras que, por el contrario, mezcladas ambas, forman los terrenos propios para la labranza y de mayor fertilidad en los productos.

En efecto, la arcilla plástica es demasiado compacta para permitir el libre acceso del aire y el desarrollo de las raices; las lluvias ligeras formarian en su superficie una capa impermeable al agua, mientras que por los temporales lluviosos dicha tierra se ablanda y diluye demasiado, por cuya razon luego se deseca con suma lentitud, quedando en definitiva húmeda y fria: á su vez, la arena sola ofrece los defectos contrarios, supuesto que su poca consistencia no presta suficiente apoyo á las raices, deja infiltrar y evaporar el agua con demasiada rapidez, y por último es frecuentemente arrastrada por los vientos cuando está seca. Estas propiedades se comprenden bajo el nombre de *condiciones físicas de los terrenos laborables*. Inútil parece añadir la facilidad con que una arcilla demasiado compacta puede ahuecarse por medio de la arena y vice-versa, la posibilidad de cambiar la soltura ó ligereza de una tierra arenosa, añadiéndola cierta porcion de otra arcilla, etc.

He aquí de qué manera puede apreciarse la cantidad relativa de ambas materias minerales: se toman como unos 10 gramos de tierra, y colocada en una cazuela de barro vidriado, se añade agua de fuente y hierve todo, agitando con una cuchara de madera ó de hierro hasta formar pasta bien homogénea; hecho esto se agrega nueva agua, y bien desleido todo, se vierte en una copa alta y estrecha, semejante á las de Champagne, y en caso de que no haya copas de esta hechura, se verterá todo el líquido sobre un embudo colocado en una botella de vidrio bien trasparente. Recogida hasta la menor porcion de tierra, sea en la copa ó en la botella, se dejará aposar la masa, y luego se observarán con detencion las diversas zonas ó capas que se formarán en el fondo de la copa: respecto de botella, se tapará herméticamente con un corcho, y volviéndola boca abajo se verán por la estrechura del cuello las zonas que en razon de las diversas densidades formará dicha tierra disgregada. Estas capas serán: 1.ª (contando, por supuesto, de abajo arriba) arena gruesa; 2.ª arena fina; 3.ª, final-

mente, la arcilla cada vez más ténue. La altura de las diferentes zonas permitirá valuar la proporcion general de las diferentes sustancias.

Schwertz ha trazado un cuadro sinóptico, relativamente al cultivo probable, segun la índole ó naturaleza física de cada terreno, cuyo cuadro, que consideramos de suma utilidad en muchos casos, vamos á copiar á continuacion.

Escala agrícola de Schwertz.

Arena movible.....	Centeno.	Arena tenaz.....	Trigo.
Arena poco arcillosa...	Centeno y trigo africano.	Arcilla algo húmeda...	Trigo y avena.
Arena arcillosa.....	Centeno, trigo africano y avena.	Arcilla caliente y seca.	Trigo, avena y cebada.
Arcilla arenosa.....	Centeno, trigo africano, avena y cebada.	Arcilla plástica.....	Trigo, avena y cebada.

Arena y arcilla en proporciones convenientes.—Terreno neutro.

Trigo, centeno, cebada, avena.

Examinada la naturaleza física del terreno cultivable, segun queda dicho, se filtra el líquido de la copa ó botella por papel de estraza colocado sobre un embudo, y recogido el producto en una vasija limpia, se le somete á las investigaciones siguientes.

1.ª Se introduce en él un papel de tornasol; si este forma color rosáceo ó rojo, es señal de que la tierra es ácida, y entonces convendria quizá agregarla cal, yeso ó arcillas.

2.ª Se echará un poco de este líquido en una copa ó jícara, se añadirán unas gotas de agua fuerte, y á seguida se introducirá un pedazo de papel molíbdico-amónico: segun la intensidad del color amarillo que este papel blanco adquiera, así se deducirá la existencia y cantidad de *fosfatos solubles*.

3.ª Introduciendo en el mismo líquido otro papel impregnado de ferrocianuro ó sulfocianuro potásico, se averiguará la existencia de *hierro asimilable*. En una palabra, se irán investigando de una manera

análoga todos los demás cuerpos por medio de la carterita de papeles reactivos y procedimientos aconsejados por mí tantas veces á los labradores.

Respecto á las materias orgánicas, puede deducirse su presencia y cantidad respectiva, por el olor amoniacal (de álcali volátil) que desarrolla una corta porcion de tierra muy triturada, en un almirez de bronce ó de madera, con un poco de cal viva.

Tambien puede apreciarse la existencia del humus, hulmina ó mantillo, en una palabra, del detritus orgánico, hirviendo durante veinte minutos, como 15 gramos de tierra bien dividida, con una disolucion de potasa: pasado este tiempo se filtra por papel claro y con refuerzo. Si el liquido que pasa es oscuro, hay detritus vegetal en la tierra, pero si filtra claro, carece de este elemento tan importante para el cultivo.

VI.

Métodos mas económicos y prácticos segun las localidades ó centros agrícolas de España para utilizar los fosfatos térreos en la produccion de cereales en la Península.

Siendo el presente capítulo el de mayor importancia, no solo porque ha de sintetizar en cierto modo el grandísimo interés que para la agricultura nacional ofrecen los fosfatos térreos, tan abundantes en nuestro suelo, sino lo que es todavía de más alta utilidad, la manera mejor y más económica de emplearlos en la produccion de cereales, objeto dominante del programa formulado por la ilustre Academia, creemos conveniente metodizar los puntos que le han de constituir, en la forma siguiente:

1.° Influencia que los agentes meteorológicos ejercen sobre los fosfatos térreos.

2.° Accion de los agentes químicos sobre los mismos.

3.° Clasificacion de los principales centros productores de cereales en la Península.

4.° Medios mejores y más económicos para utilizar los fosfatos en dichos centros agrícolas.

Los estudios químicos y agronómicos referentes á los fosfatos térreos en general, coinciden en una verdad práctica, á saber: que su accion fertilizante está subordinada en definitiva á un estado de solubilidad prévia, supuesto que solo siendo solubles pueden llegar por las raices de las plantas hasta el corazon del fruto, realizando en todo este camino los prodigiosos resultados de precocidad y desarrollo que la experiencia ha evidenciado lo mismo en el tallo que en el fruto de los cereales.

Ahora bien: ¿qué sucede cuando se extienden sobre un campo los fosfatos térreos, es decir, las apatitas, fosforitas, coprolithos ó huesos finamente pulverizados? Que en los primeros años no se observa la menor alteracion en pro del mayor rendimiento en las cosechas. ¿Y por qué? Por la sencilla razon, de que siendo estos fosfatos insolubles en agua, no atacables tampoco por el ácido carbónico gaseoso, ni disueltos en ella, mal pueden ser absorbidos por las raices, único conducto que tienen para llegar al vegetal; solo al cabo de algunos años es cuando van observándose los primeros efectos de su influencia fertilizante, debidos, no solamente á la accion lenta de los agentes meteorológicos, frio, calor, humedad, aire y ácido carbónico, sino tambien, y quizá principalmente, por la accion compleja del terreno sobre que se hallan depositados; por esas reacciones no muy claras todavía, que tienen lugar entre los principios constitutivos de la tierra, y los correspondientes á dichos fosfatos.

Hasta la accion fertilizante de los mismos guanos se clasifica de *inmediata* ó *mediata*, segun la solubilidad de los fosfatos que contienen, ó la relacion en que estos se hallan respecto de las sales amoniacales preexistentes, ó que pueden desarrollarse en virtud de reacciones ulteriores, una vez puestos bajo la influencia múltiple del terreno y los agentes meteorológicos; pues no hay que olvidar que la experiencia ha puesto en relieve esta grande verdad agrícola: la *influencia máxima fertilizante de los fosfatos, está en razon directa de su solubilidad y tambien de la conveniente asociacion con las sales amoniacales.*

No ignoramos que ha habido más de un caso en que los fosfatos térreos han dado excelentes resultados, empleados directamente sobre los campos y sin más cambio que una pulverizacion finísima; pero tambien sabemos que la ciencia se ha encargado de explicar satisfactoriamente el por qué de esta contradiccion aparente, haciendo ver que los terrenos graníticos, esquistosos, así como los ricos en detritus vegetal, etc., *son ácidos* (acido acético?), y por consiguiente su accion química permite sean asimilables en corto plazo y por las raices de las plantas, á una parte de los fosfatos, de suyo muy coherentes, que en condiciones normales hubieran necesitado el trascurso de muchos años para producir este mismo efecto. Sin embargo, bueno es hacer constar aquí una aclaracion muy importante para la práctica agrícola, y es que los fosfatos ácidos no pueden ser asimilados al vegetal sin comprometer su existencia, y que por consiguiente, lejos de ser orígen de fertilidad para los campos, como algunos pudieran creer, el empleo de los fosfatos ácidos, por ser solubles, originarian por el contrario la destruccion de los mismos campos; nada ménos que eso; una cosa es que el ácido fosfórico que en los fosfatos térreos posée una cohesion intensa, ígnea ó primitiva, cambie por una reaccion de base, ó adquiera la misma bajo otras influencias modificantes de su cohesion, que le dispongan á ser asimilado por las raices de las plantas; y otra cosa es, que se crea que el ácido fosfórico ó los fosfatos ácidos pueden pasar á ellas impunemente, bien sea echándoles sin más ni más bajo una forma cualquiera en los campos, ó bien originándose en ellos por la accion ácida de ciertas tierras, ó por la influencia combinada de los elementos del terreno y agentes meteorológicos.

En resúmen, excepto los nódulos ó pseudo-coprolithos, que como ya hemos demostrado precedentemente, ceden al agua cierta cantidad de fosfatos, ó bien el hecho de la accion del ácido acético preexistente en algunos terrenos, ó bien, en fin, la asociacion prévia de diferentes ácidos á aquellos y á los guanos, ningun fosfato térreo natural cede, sino á largo plazo, parte de su materia á los terrenos, bajo la sola influencia de los agentes meteorológicos.

Por manera que en semejante caso, toda la dificultad queda redu-

cida á esto: ¿qué le conviene más al labrador, utilizar mediata ó inmediatamente la accion fertilizadora de dichos abonos? Parece que planteada la cuestion de esta manera, solo cabe elegir el pronto efecto de los fosfatos: sin embargo, desde ahora declaramos que es preferible para el labrador un beneficio lento pero constante y conservador de la riqueza ó capital intrínseco de sus tierras, que debe guardar fielmente para sus hijos, á una superabundancia asombrosa en apariencia, pero ficticia en realidad, toda vez que gasta en una sola cosecha las fuerzas productoras de diez años; en una palabra, que hace sacar á la tierra la falsa energía que á un hombre de constitucion débil ó delicada da, por cortos momentos, el uso de las bebidas espirituosas.

Aumentar las cosechas, mejorando las condiciones productoras del campo: hé aquí el gran problema agrícola de todos los paises del mundo.

Demostrado que la accion meteorológica sola ó combinada con la de los elementos, que por regla general constituyen los terrenos, es insuficiente para dar á los fosfatos las condiciones de asimilidad perentorias, necesarias al cultivo de cereales, pasemos á considerar de qué manera obran los diversos agentes químicos sobre dichas sustancias minerales.

En 1843, el Duque de Richemond ensayó por vez primera la trasformacion del fosfato de los huesos en fosfato ácido, mediante al empleo del ácido sulfúrico: modificada y repetida en grande escala este práctica, se observó que sobre ciertos terrenos, en donde los huesos actúan lentamente, *el fosfato ácido de cal* (llamado *superfosfato* por el comercio) producia excelentes cosechas; de esto, á someter toda clase de fosfatos á semejante accion, no habia más que un paso, y á eso se reduce precisamente la operacion más importante que hoy caracteriza á la industria de los abonos minerales, siendo tal el valor que en la actualidad se da en Inglaterra á esta práctica, que segun la expresion de un célebre agricultor inglés, al empleo del *superfosfato* era debida la regeneracion actual de los campos de la Gran-Bretaña.

Hé aquí algunos datos que justifican esta opinion.

Cultivo de los nabos.

ABONOS.	PRODUCTO POR HECTÁREA.
	Kilógramos.
Terreno sin abono.	13.000
— abonado con huesos finamente pulverizados. . . .	22.000
— con excremento desecado.	23.000
— con *superfosfatos*.	34.021

Cultivo de patatas (período de 4 años).

		PRODUCTO.
		Toneladas.
Tierra sin abonar.	1848.	9
	1852.	1
— con superfosfato de cal.	1848.	18
	1852.	13

Cultivo de cebada.

AÑOS.	TIERRA SIN ABONO. — *Hectólitro por hectárea.*	SUPERFOSFATO SOLO. — *Hectólitro por hectárea.*	SUPERFOSFATO Y SALES AMONIACALES. — *Hectólitro por hectárea.*
1852	27,1	28,1	38,2
1853	25,3	33,3	40,0
1854	35,0	40,2	60,2
1855	31,0	36,0	47,3

Cultivo de trigo.—Resultados obtenidos durante dos años.

		VOLUMEN DEL GRANO.		ID. DE LA PAJA Y RASTROJO.		TOTAL.
		Hect. Lit.	*Kilóg. Gram.*	*Hect. Gram.*	*Kilóg. Gram.*	*Kil. Gram.*
1854	Tierra sin abono. . .	9,28	321,900	639,3	78,720	1039,920
	Tierra con superfosfato y materias orgánicas (1500 kilógramos por 100).	43,17	1920,417	5,793,6	47,619	7761,636
1855	Tierra sin abonar. . .	12,06	501,430	1,571,9	17,460	2090,290
	Id. con superfosfato y estiércol (25 metros cúbicos de este y 500 kilógramos de aquel). . .	42,86	1892,960	5,215,80	135,715	7243,955

Por lo demás, nada más sencillo que explicar la reaccion que tiene lugar entre los fosfatos térreos y el ácido sulfúrico; este ataca prime-

ramente al carbonato de cal, se desprende el ácido carbónico y se forma yeso insoluble. A la vez, el fosfato básico sufre la accion del ácido, el cual se combina con cierta porcion de su base, originándose nueva porcion de yeso ó sulfato de cal: entonces es cuando el ácido fosfórico, parcialmente separado de la cal, concurre á la formacion de un nuevo grupo, *el fosfato ácido de cal*, que en presencia de los álcalis y tierras alcalinas de los terrenos donde se aplica como abono, produce los fosfatos triples de potasa, cal y magnesia, facilmente asimilables por las raices vegetales y tan importantes para el desarrollo del fruto.

En general, podemos decir que la accion de todos los oxácidos é hidrácidos minerales enérgicos, es semejante á la descrita respecto al ácido sulfúrico como resultado principal de la reaccion, y una sal á base de cal, más ó ménos soluble.

Apresurémonos á decir, aun cuando lo repitamos mil veces, que el producto resultante de la neutralizacion del bifosfato ó fosfato ácido de cal, por el amoniaco, constituye el tipo de esta clase de abonos; lo único que al labrador puede acontecer es que gaste supérfluamente su dinero en echar á sus tierras uno de los dos ó ambos elementos á la vez (fosforo y ázoe), cuando quizá ellas los tengan en la cantidad y disposicion fertilizante necesaria. Pero aquí como en todos los casos, debe saber por la análisis prévia de sus tierras, qué es lo que tienen y qué les falta, supuesto que hemos plenamente demostrado en esta Memoria, que el cultivo de los campos, que la produccion de pan y carne para sustento de la humanidad, no puede ser un arte empírico fatalista ó casual, sino una industria regida á la vez por principios científicos y una administracion comercial económicamente exacta; en una palabra, entre perjudicar sus campos por el empleo de un abono funesto, ó perjudicar su bolsillo por ignorar el estado ó condiciones de sus tierras, optamos por este último extremo.

Varias son las sustancias, que además de los ácidos en general, actúan sobre los fosfatos térreos: hé aquí los resultados comparativos de dicha accion y de los cuerpos que la originan.

Accion de varios cuerpos sobre el fosfatos de cal (Ca^3Ph) *durante* 15 *dias de contacto á la temperatura de* $+12°$ *centígrados.*

Disolventes empleados en la cantidad de 5 gramos, y disueltos ó divididos en 12 decílitros de agua.	Fosfato de cal empleado.	Fosfato de cal no disuelto.	Disminucion.	Proporcion centesimal de los fosfatos de cal disueltos.
	gramos.	*gramos.*		
Carbonato de amoniaco.	2	1,870	0,130	6,5
Sulfato de id.	2	1,898	0,102	5,1
Fosfato de id.	2	1,900	0,100	5,0
Nitrato de id.	2	1,890	0,110	5,5
Cloruro de id.	2	1,870	0,130	6,5
Oxalato de id.	2	1,808	0,192	9,6
Sulfato de magnesia.	2	1,930	0,070	3,5
Bicarbonato de potasa.	2	1,860	0,140	7,0
Nitrato de id.	2	1,890	0,110	5,5
Cloruro de potasio.	2	1,935	0,065	3,2
Ioduro de id.	2	1,925	0,075	3,7
Bromuro de id.	2	1,910	0,090	4,5
Bicarbonato de sosa.	2	1,810	0,190	9,5
Nitrato de id.	2	1,900	0,100	5,5
Fosfato de id.	2	1,868	0,132	6,5
Agua madre de una refinería de sal comun.	2	1,960	0,040	2,0
Agua de lluvia.	2	1,998	0,002	0,1
Cloruro sódico.	2	1,790	0,210	10,5
Agua pútrida de jardin.	2	1,945	0,055	2,7
Ceniza de turba.	2	1,900	0,100	5,0
Estracto de turba procedente de 500 gramos de sustancia.	2	1,625	0,375	18,7

Sentados estos hechos, pasemos á clasificar los principales centros productores de cereales en la Península, á saber: Castilla, Mancha, Andalucía y Estremadura.

Pero ántes de entrar de lleno en la importante cuestion de utilizar bien y económicamente los fosfatos térreos en cada uno de estos puntos productores de cereales, debemos insistir aquí acerca de nuestra conviccion íntima de que la mejor práctica agrícola que debe inculcarse á los labradores de toda España, es que recojan con el mayor esmero las secreciones humanas y las de los animales, y las empleen como abonos en los campos; porque en ellas van los principios más fertilizantes que pueden desear, y en disposicion tal para el cultivo, como el que pudieran esperar del mejor guano de América. Es preciso hacerles comprender hasta la saciedad, que cada cien partes de orin humano representan cerca de 20 de trigo, y que igual porcion de excrementos, es decir, cien partes, equivalen próximamente, en fosfatos, á 15 de trigo.

Nada más léjos de nuestro ánimo que combatir, ni siquiera poner en duda, la utilidad que han de reportar en los campos españoles los fosfatos térreos aplicados con oportunidad, economía, y de manera á ser fácilmente asimilables: nuestro objeto es únicamente llamar la atencion sobre una práctica excelente, que bien por sí sola, ó asociada á la que es objeto de este capítulo, ha de producir los mayores resultados para la riqueza agrícola general del país (1).

Hecha esta observacion, pasaremos á considerar qué práctica podrá ser mejor y más económica para utilizar los fosfatos térreos en los campos de Castilla.

Ya hemos dicho en el estudio general de los fosfatos y al ocuparnos del efecto que la accion meteorológica por sí sola, ó en asociacion con los elementos del terreno, ejercia sobre ellos, que únicamente los nódulos ó pseudo-coprolithos eran solubles en las condiciones normales de las tierras arables, sucediendo con ellos en este caso algo semejante

(1) La mejor manera de utilizar los orines humanos para el cultivo consiste en añadirles, cuando están recientes, dos onzas de cal viva y en polvo por cuartillo de orin.

á lo que tiene lugar con los guanos de primera calidad, que ceden al agua de fuente, y mejor aún, á la que tiene en disolucion gas ácido carbónico, una porcion muy notable de fosfatos ácidos alcalinos y térreos. Pues bien; toda vez que segun los estudios geológicos hechos en Castilla por personas tan competentes como el ingeniero D. Casiano del Prado, resulta que existen con abundancia en el corazon de este centro agrícola (Leon, Palencia y Segovia, etc.) los terrenos de *Surrey* y el del *Tun*, constituidos principalmente por una caliza fosilífera fosfatada, deben hacerse los mayores esfuerzos por parte del gobierno para investigar los principales y más ricos yacimientos de este precioso abono mineral, á fin de que puedan utilizarse en toda esta rica comarca á bajo precio, y cuando lo exija el cultivo.

Respecto á la manera de emplearlos, está resumida en las 4 proposiciones siguientes, de la más absoluta verdad práctica.

1.ª Los nódulos de fosfato de cal reducidos á polvo muy fino, y abandonados algunos meses al aire libre son perfectamente asimilables por los vegetales.

2.ª Su accion es muy beneficiosa principalmente en los terrenos graníticos y esquistosos; en los demás terrenos tambien producen escelentes resultados, ya solos ó asociados á materias orgánicas.

3.ª Deberán por regla general agregarse á los nódulos materias orgánicas, siempre que se desée fertilizar las tierras pobres en agentes disolventes; y por el contrario, se usarán solos, pero muy divididos, en todos los terrenos ricos en detritus vegetales.

4.ª Mezclando á los nódulos muy pulverizados, sangre, orines, orujo bien seco, estiércol, turba, ó cenizas del rastrojo de legumbres, resulta un abono excelente, bajo el triple punto de vista del producto en grano, vigor de la paja y precocidad en el desarrollo del cereal.

Un abono constituido por

Nódulos	70
Estiércol	20
Nitrato de sosa	8
Sal comun	2
	100

representa en nuestro juicio un buen tipo de esta clase de agentes fertilizantes con aplicacion á los campos de Castilla; sin embargo, lo repetiremos mil veces, las análisis de los terrenos y la observacion prudente y desapasionada son las únicas que pueden fijar de una manera absoluta las condiciones prácticas y económicas referentes á tan interesante objeto.

La *Mancha*, es otro de los centros productores de cereales que merece llamar nuestra atencion. Situada sobre una extensa planicie, casi toda metida en cultivo de cereales, vino y aceite, es indudable que reconocida de una manera cierta, si la fertilidad de su rico suelo, en lo que respecta á cereales, va íntimanente unida á la abundancia ó escasez de agua, porque esta tenga que disolver, por ejemplo, los fosfatos necesarios para el desarrollo de aquellos, puede muy bien suceder, que dándoselos artificialmente á la tierra bajo una forma mucho más soluble ó asimilable que la originada por la accion lenta del tiempo, lleguen á regularizarse más las cosechas con notorio provecho del labrador, y por consiguiente del país.

La circunstancia de estar en comunicacion casi todo este centro productor con el ferro-carril del Mediterráneo y del Mediodía, ramificado á su vez con él, y existir á cuatro ó cinco leguas de este gran lazo de union de los pueblos, el interesante yacimiento de apatita de Jumilla, nos hace recomendar para dicha comarca la siguiente industria prévia:

1.° Fundir (en un establecimiento situado en un punto conveniente) una mezcla de dos partes de sal comun y una parte de apatita de 70 á 80 por 100 de riqueza: esta operacion se ejecutará de igual manera que la de la barrilla artificial, con la sola diferencia de sustituir la mezcla de sulfato de sosa, creta y carbon por las mencionadas sustancias. Tambien puede hacerse, y quizá con más ventaja, en cilindros de hierro en presencia del vapor de agua.

2.° Disuelto el fosfato sódico formado, se trata por el cloruro cálcico, el cual puede prepararse descomponiendo una caliza por el ácido hidroclórico, resíduo de la operacion anterior, á cuyo fin se disponen los hornos como los de Marsella para fabricar la sal de Glaubero por

el método de Leblanc: entonces se condensa el ácido en damas-juanas ó bombones de barro.

La reaccion es la siguiente: en primer lugar, se forma silicato de sosa y ácido hidro-clórico á espensas de la sal y la sílice que siempre acompaña al mineral: el ácido muriático actúa sobre el fosfato de cal, al que quita dos equivalentes de cal, dando orígen al cloruro cálcico (que puede utilizarse para regenerar el fosfato) y á bifosfato cálcico, con el que puede prepararse fácilmente el fosfato de sosa: disuelto todo en agua, se trata por el cloruro de calcio que precipita á la vez el ácido fosfórico del fosfato sódico y cálcico, al estado de fosfato tribásico de cal asimilable.

Puede preferirse á este sistema, y quizá con mucho más beneficio para la agricultura y el Estado, el condensar bajo la forma de ácido sulfúrico, el ácido sulfuroso que anualmente se pierde por desgracia en Almaden, procedente de la metalurgia del cinabrio, ó en las minas de Riotinto al tostar las piritas para beneficiar el cobre. Entonces se podria fabricar á bajo precio con este ácido y las apatitas, y sobre todo, con la fosforita de Logrosan, el superfosfato, ó mejor dicho bifosfato de cal tan necesario para la agricultura.

Tambien resultarian ventajas para la industria de los fosfatos, generalizando en los puntos posibles la descomposicion de la sal comun por la de la higuera en hornos de barrilla artificial; supuesto que uno de los productos de esta operacion, que es el ácido hidro-clórico, podria emplearse para originar bifosfato de cal de las apatitas, regenerándole despues, como vulgarmente se dice, para el cultivo: además, la grande cantidad de magnesia que como resíduo accesorio resulta en este método industrial produciria excelentes resultados, agregándola convenientemente al bifosfato de cal; pues sabido es que en todos los granos de cereales, particularmente en el trigo, predomina el fosfato magnésico, llegando el caso de ser cuádruple y aun diez veces más grande que el del fosfato de cal en ciertas variedades de trigos.

Consignadas estas ideas generales encaminadas á utilizar económicamente los fosfatos naturales más inmediatos á esta comarca, pasemos á describir la forma más conveniente bajo la que deben emplearse, á saber:

1.° En todos los terrenos salitrosos se usarán dichos fosfatos solos pero muy bien pulverizados.

2.° En los terrenos ácidos (graníticos, esquistosos, ricos en turba, detritus, etc.) se empleará el bifosfato de cal préviamente rociado con orines, ó mezclado con estiércol, en la proporcion de 80 del primero y 20 del segundo. Puede hacerse uso tambien del fosfato mineral finamente pulverizado, pero duplicando la proporcion de estiércol.

3.° Finalmente, en los terrenos que pudiéramos llamar néutros, se dará la preferencia al bifosfato de cal (superfosfato) mezclado con nitrato de sosa y sal comun en la relacion de 80 de fosfato, 16 de nitrato y 4 de sal comun.

Y para que no se crea que al aconsejar la asociacion á los fosfatos del nitrato sódico y sal comun, como excelente abono en la generalidad de casos, defendemos una ilusion teórica, permítasenos citar textualmente una autoridad irrecusable en la materia, Kulman, que en virtud de trabajos prácticos muy recientes, se expresa así:

«Abonado un campo con 8$^{kil.}$,96 de nitrato sódico, produjo 12$^{kil.}$,320 »de grano de trigo y 32,480 de paja; se añadió 2$^{kil.}$,712 de sal comun y »produjo, 17$^{kil.}$,920 de grano y 35,780 de paja. Por consiguiente, la sal »comun aumentó la fuerza productiva del nitrato sódico; pero aún hubo »más, y es que la mezcla de ambas sales ofreció mayor rendimiento en »grano que otra igual de sal y de nitrato de amoniaco, sin embargo de »hallarse representada en este la misma porcion de azoe que en el »caso anterior, Despues del nitrato sódico, solo el guano dió los me»jores productos, lo cual dependió ciertamente del amoniaco que con»tenia: 100 kilógramos de sal comun, disueltos en 500 hectólitros de »agua, ó 100 kilógramos de nitrato de sosa disueltos en 334 hectóli»tros de agua, disuelven, la primera 3.300 gramos, y el segundo 2.630 »gramos de bifosfato de cal.

»La misma cantidad de sal ó de nitrato sódico disueltas, aquella »en 50.000 litros de agua, y esta (el nitrato) en 33.300 de dicho lí»quido, disuelven respectivamente, 1.500 gramos la primera, es decir, »la de sal, y 1.200 gramos la segunda de fosfato de cal tribásico mi»neral (apatita, fosforita, huesos fósiles, etc.)

»Por último, igual dósis de sal y de nitrato de sosa diluidas en la »misma proporcion de agua, antes dicha, disuelven proporcionalmente »3.790 gramos (la de sal) y 2.160 gramos (la del nitrato) de fosfato »magnésico.

»Por consiguiente, si se abona un campo con fosfato cálcico, sal y »nitrato sódico, y por las lluvias se forma una disolucion muy diluida »que penetra el terreno, parte de estas sales permanecerán en él in»tactas, originando en la tierra húmeda reacciones lentas, es verdad, pe»ro muy enérgicas precisamente á causa de su duracion; pues Liebig »ha puesto fuera de toda duda, que la tierra arable actúa sobre las »disoluciones salinas, aun las más diluidas, de un modo análogo al del »carbon animal con los gases y materias colorantes, es decir, retenien»do en su seno hasta la menor partícula salina; de tal modo, que des»pues de filtrada una disolucion de un fosfato ó cloruro, por ejemplo, »á través de cierta porcion de tierra de cultivo, es imposible descubrir »con los reactivos la presencia de los cuerpos salinos previamente di»sueltos.»

Despues de esto, no prolongaré por mas tiempo con repeticiones inútiles la extension demasiado grande quizá de este capítulo, concretándome á añadir para terminarle, que respecto al mejor y más económico medio de aplicar los fosfatos térreos al cultivo de cereales en los riquísimos centros de produccion de Andalucía y Extremadura, hermanas por su feracidad y hasta casi por el clima, mi opinion es que existiendo en este último reino el yacimiento de fosfato de cal quizá el mas importante del mundo, segun queda demostrado en lugar oportuno, y habiendo tantos medios de modificar su cohesion con inmensa ventaja para la agricultura, debia formarse firme empeño de aplicar á este objeto, bien fuera el ácido sulfúrico, que bajo la forma de ácido sulfuroso se tira en Almaden y Rio-Tinto, ó bien fundiendo la fosforita con sal comun ó sulfato de sosa, segun dejamos dicho respecto de la apatita de Jumilla, ó bien, en fin, utilizándola en polvo fino obtenido al vapor, y asociada con el nitrato de sosa, la sal comun y materias amoniacales ó azoadas, que reemplacen este elemento fundamental, como, por ejemplo, ciertas clases de turba, estiércol, orines, sangre, etc.

Otro de los beneficios inmensos que reportaria el empleo directo de la fosforita ó apatita para el cultivo de cereales, aquí como en todas las provincias de España, sería obtener á muy bajo precio la sal de acederas ó bioxalato de potasa, y en su defecto el oxalato de amoniaco: hoy que, gracias á los bellos trabajos de Berthelot, se obtienen por síntesis tantos ácidos, y entre ellos el ácido fórmico, directamente del carbónico (1), á cuya fórmula solo le falta 1 equivalente de oxígeno para ser el que nos ocupa ($\underset{\text{ácido fórmico}}{(C^2 O^3 H)} + O = \underset{\text{ácido oxálico}}{C^2 O^3} + H O$), es de la mayor importancia que el Gobierno, ó la ilustre Academia, estimulen la produccion artificial de este agente, ó bien protejan los trabajos que tiendan á proporcionarle á ínfimo precio á la industria agrícola, para mezclarle en la forma dicha, y aun solo, con nuestros fosfatos naturales, y constituir un excelente abono aplicable á todas las provincias de España.

Ya dijimos al hablar de los guanos, que á la accion del oxalato de amoniaco sobre el fosfato de cal de ellos, era debida su fertilidad, segun las observaciones recientes y prácticas de uno de los primeros químicos y agricultores de Europa: ahora expondremos á continuacion las que últimamente acaba de recoger el distinguido profesor Malaguti sobre el mismo asunto (2).

---

(1) Annalen der Chemie und Pharmacie, t. LXIX, p. 251 (nueva série, tomo XLIII, agosto 1861).

(2) Repertoire de Chimie appliquée, núm. 4, pág. 14.

Resúmen de los resultados obtenidos por la accion en frio de la sal de acederas, continuada durante 25 dias, sobre diferentes clases de fosfato tribásico de cal.

	Gramos.	Agua. Gramos.	Sal de acederas. Gramos.	Acido fosfórico soluble, expresado en fosfato tribásico de cal. Gramos.
Fosfato de cal artificial.	50	600	10	12,40
Guano del Perú.	100	600	10	10,85
Guano Baker, lavado y calcinado.	70	600	10	8,06
Huesos calcinados, con poco carbonato.	80	600	10	7,15
Fosfato fósil.	66	600	10	4,98

En vista de esto, y estando demostrado por otra parte, que la apatita y fosforita finamente pulverizadas ceden una porcion notable de su fosfato al agua que tenga en disolucion dicha sal de acederas, creemos inútil aducir más pruebas para justificar la suma importancia que ofrece semejante hecho para el empleo de nuestros fosfatos térreos en el cultivo de cereales de toda la Península.

Ya que tanto nos preocupa, y con razon, el interés que los fosfatos térreos están llamados á despertar en la agricultura patria, bueno y aun útil será consignar aquí, como complemento á este importante capítulo, el modo de conocer con presteza y exactitud la cantidad de ácido fosfórico que contengan.

Varios son los métodos que para este objeto pueden seguir las per-

sonas periciales nombradas, ya sea por el Gobierno ó por los particulares; pero para nosotros el más sencillo y mejor, es el siguiente.

1.° Calcinar un peso dado del fosfato, y obtener por diferencia el agua interpuesta.

2.° Disolver una cantidad conocida del mismo, en ácido hidroclórico, y filtrar para separar la arena silícea.

3.° Añadir cloruro cálcico y precipitar por el amoniaco: se obtendrá de esta manera el fosfato tribásico de cal y el óxido de hierro.

4.° Redisolver el precipitado (préviamente pesado) en el ácido hidroclórico, y añadir ácido sulfúrico y alcohol en exceso; lavar con agua alcoholizada y calcinar: de esta manera se obtiene toda la cal bajo la forma de sulfato.

5.° Conociendo el peso de la cal puede calcularse el del ácido fosfórico, y por lo tanto el del fosfato tribásico precipitado: una simple resta dará á conocer la cantidad del óxido de hierro.

La comprobacion ó exámen de la exactitud de esta análisis, es sumamente facil: en efecto, no hay mas que evaporar el alcohol empleado, añadir al residuo ácido tártrico *en proporcion suficiente para impedir la precipitacion del hierro por el amoniaco*, y determinar por último la cantidad de ácido fosfórico bajo la forma de fosfato amónico-magnésico.

VII.

Resumen general.

Habiendo desarrollado con la estension debida todos los hechos que hemos creido conveniente incluir en esta memoria, al realizar el plan trazado para el desempeño de la misma, y desenvueltas con la mayor claridad posible las teorias, así como igualmente las prácticas ó aplicaciones agrícolas á que dichos hechos se prestan, réstanos tan solo hacer una síntesis muy compendiada de nuestro trabajo en las siguientes fórmulas generales.

La tierra y el aire están unidos por un estrecho vínculo, constituyendo en cierto modo el inmenso océano en donde la materia gira perpétuamente bajo las mas diversas formas, y en virtud de leyes de la mas alta y trascendental filosofía.

Bajo el estado de reino mineral, la materia forma como los cimientos del grandioso templo de la vida y movimiento orgánico; las plantas representan los materiales y estructura arquitectónica; y en fin, los animales, y sobre todo el hombre, son la cúpula ó complemento del plan armónico de este sublime edificio, trazado por el divino é increado arquitecto al solo impulso de su infinito poder, de su voluntad omnímoda.

El fósforo, ese elemento de vida orgánica, ha seguido una marcha lenta pero admirablemente trazada por el Criador, desde el caos á las rocas primitivas; luego á los terrenos de transicion y de sedimento; de aquí á los vegetales y animales; llegando por último al término de su peregrinacion, á su objeto providencial, al hombre, para esconderse en su seno, seguirle en todas las fases de su existencia, y acompañar perpétuamente sus cenizas en el silencio de las tumbas.

Mas como nadie puede interrumpir impunemente la eterna cuanto sabia ley del perpétuo y metamórfico movimiento de la materia, y los fosfatos, como sustancias fijas, quedan allí donde la mano del hombre los deposita, resulta que la alimentacion general se hubiera ido resintiendo cada vez mas de esta amortizacion inmensa, respecto de una sustancia tan indispensable para la produccion de pan y carne, si el espíritu cristiano y armónico de la ciencia moderna no hubiera buscado en otros fosfatos naturales, elaborados en virtud de prevision divina por remotas generaciones, la manera de devolver á la tierra ese elemento generador de los cereales, de las legumbres y del bienhechor tubérculo.

De ahí que una vez dada la voz de alerta por los sábios geólogos, agrónomos y químicos, el comercio, ese espía constante, activo y servidor solícito de la humanidad, buscó hasta en las mas apartadas regiones esta materia tan indispensable para la primera industria del mundo, y allanando con su gigante empuje todos los obstáculos, ayer descubre el elemento que con tanto empeño busca; hoy piensa ya en

ponerle al alcance de todas las naciones; un dia mas, y le hará asequible hasta á la modesta fortuna del mas pobre labriego.

Entre tanto España, este pais mimado por la naturaleza, no puede permanecer inactiva ante tan inmediata necesidad, sobre todo desde el momento en que la ciencia pone de manifiesto el inmenso influjo que las sustancias minerales, y en particular *los fosfatos térreos*, ejercen en la produccion de cereales, y hace ver que es un gravísimo error, de los mas funestos resultados para el porvenir, pensar que los campos pátrios tienen perpétuamente, en disposicion oportuna y en cantidad inagotable, estos elementos indispensables para el cultivo; y que con solo arañar un poquito la tierra y ver si llueve ó hace sol, se han cumplido todos los deberes agrícolas.

Se inquieta por su suerte futura, indaga dónde encontrará el agente fertilizante que ha de devolver el vigor á sus campos, regenerando su primitivo y feraz producto; pero no bien dirige la vista por el envidiable tesoro de su riqueza mineral, halla inmensos yacimientos de fosfatos, mirados con envidiosa avidez por las demás naciones, que confiando demasiado quizá en nuestro atraso agrícola y errores económicos, forman cálculos para extraer á bajo precio esta primera materia y devolvérnosla despues bajo la forma de cereales, como hacen con los tejidos de sedas producidas en nuestras moreras de las huertas de Murcia y de Valencia.

Pero no basta que nuestra nacion se prepare con inteligencia para la lucha próxima, respecto de un asunto tan capital para el presente y sobre todo respecto del porvenir, supuesto que de la agricultura han de salir mas particularmente en su dia el equivalente de recursos públicos que los gobiernos han hallado hasta ahora en otros objetos amortizados; es preciso encarecer á nuestros labradores, verdaderos glóbulos sanguíneos del país, la necesidad imperiosa de examinar mas de cerca la naturaleza y condiciones de sus campos, para eliminar de ellos aquello que les perjudique ó añadir lo que quitan las cosechas; sustituir, en una palabra el fatalismo árabe, que todavía les domina, por la luz de la ciencia, para saber cómo pueden sacar mayor interés al capital que poseen, con el mismo trabajo, ó mediante

desembolsos subsanados despues con exceso por la calidad y cantidad del producto.

Entonces, la verdad elocuente de los hechos vendrá á demostrarles la razon con que la ciencia les aconseja hoy que analicen calitativamente sus tierras, á fin de saber en qué condiciones se hallan los elementos que las constituyen, y por lo tanto la clase de producciones á que mejor se prestan; entonces, finalmente, se convencerán de que añadiendo los fosfatos térreos muy divididos, bien sea solos (terrenos ácidos, es decir, los graníticos, schistosos, húmicos, etc.), ó asociados al estiercol y orines humanos, ó bien en fin (y es recientemente lo mejor) mezclados con nitrato de sosa y un poco de sal comun, habrán devuelto la vida á sus campos del modo mas económico, y mucho mejor que utilizando para el mismo objeto el mejor guano del Perú.

INDICE.

Pág.

Introduccion. 549

I.—*Principios generales de estática química*. 551

II.—*Rotacion de la molécula de fósforo en la naturaleza*. 556

III.—*Influencia que las sustancias minerales, con especialidad los fosfatos térreos, ejercen sobre la vegetacion en general, y muy particularmente en el cultivo de los cereales*. 561

IV.—*Consideraciones generales relativas á los fosfatos térreos de Europa y América, y estudio particular de los de España*. . . . 567

V.—*Análisis cualitativa de las tierras arables, bajo el punto de vista agrícola*. 590

VI.—*Métodos más económicos y prácticos, segun las localidades ó centros agrícolas de España, para utilizar los fosfatos térreos en la produccion de cereales en la Península*. 595

VII.—*Resumen general*. 409

INDICE

DE LAS

materias contenidas en esta segunda parte del tomo 6.° de Memorias.

Pags.

Memoria premiada en el concurso público abierto por la Academia para el año 1862, *sobre el tema «Influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion, y procedimientos más económicos para utilizarlos en la produccion de cereales en la Península,» escrita por D. Ramon de Manjarrés y Bofarull.* 205

Idem id., escrita por D. José de Hidalgo Tablada. 297

Idem id., escrita por D. Ramon Torres Muñoz de Luna. 349

AUG 24 1921

182

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS,

FISICAS Y NATURALES.

TOMO VI.

2.ª SERIE.—CIENCIAS FISICAS.—TOMO II.—PARTE 3.ª

CALENTAMIENTO Y VENTILACION DE EDIFICIOS.

MEMORIA

PREMIADA POR

LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FISICAS Y NATURALES

EN EL CONCURSO PÚBLICO DE 1867,

ESCRITA POR

DON FRANCISCO DE PAULA ROJAS,

Catedrático de la Escuela Industrial de Barcelona.

MADRID:

IMPRENTA DE LA VIUDA DE AGUADO É HIJO.—CALLE DE PONTEJOS, NÚM. 8.

1868.

CALENTAMIENTO

Y

VENTILACION DE EDIFICIOS.

LEMA. Nadie desconoce la importancia de la higiene de la alimentacion. ¿Y no es el aire uno de los elementos esenciales para la vida?

INTRODUCCION.

Importancia del calentamiento y ventilacion de los edificios habitados.

En una obra premiada no ha muchos años por la Real Academia de Ciencias, en la cual se han expuesto con gran sencillez y claridad, y por primera vez en España, los principios generales del calentamiento y ventilacion de edificios, se leen atinadas y justas observaciones, encaminadas á demostrar la importancia de estas aplicaciones de la Física en el bienestar material y en la higiene.

»Apenas hay en nuestro pais un edificio público ni particular cal»deado por un sistema general bien establecido; nuestras habitaciones »tienen acaso alguna chimenea mal construida, y que no llena como »debe su objeto, por carecer de las circunstancias necesarias para ello; »las casas antiguas no las tienen, ni tampoco medio fácil de colocarlas; »y en todas es el brasero el método de calentar generalmente emplea»do. Si consideramos los edificios públicos, como bibliotecas, museos,

»oficinas, hospitales, iglesias, cuarteles y otros muchos que pudiéra-»mos citar, ninguno está caldeado con un sistema general: si en algun »edificio se han colocado caloríferos, no se encienden, ó porque llenan »mal las condiciones necesarias, ó por otras causas; pero que nada es-»traño es que así suceda cuando está en ellos estampado el punto de su »construccion, y este es París, desde donde no es fácil haber aprecia-»do convenientemente los datos para resolver el problema: en otros »paises los edificios se calientan de una manera lo más económica po-»sible, pero al grado necesario, y la estancia en ellos es agradable: las »iglesias, lugares frios y mal sanos, por lo general, en nuestro pais, »son calientes y agradables en otros, como debe ser el punto donde la »religion llama á todos; y para dar una idea de lo que se va generali-»zando el sistema de caldear las habitaciones en otros paises, citaremos »París, en donde no solo existen palacios y otros establecimientos que »ocupan el edificio entero, calentados por un sistema de los que hemos »explicado, sino casas donde se arriendan las habitaciones separadas, »entrando en el precio del alquiler el que la habitacion haya de estar á »tal temperatura convenida: así el rico, que habita el piso principal, lo »mismo que el pobre, que se acomoda en la boardilla, encuentran en su »casa una temperatura agradable y por un precio módico: únase á esto »el taller, el hospital y hasta la prision, caldeados y ventilados conve-»nientemente, y tendremos mejorada la condicion del pobre.» (*Manual de Física general aplicada á la agricultura y á la industria*, por D. Eduardo Rodriguez.)

En otro lugar de la presente Memoria se lee lo siguiente: «Creemos muy conveniente llamar la atencion sobre el abandono en que se tiene hoy la cuestion de la ventilacion de los hospitales: no se da á ella la grandísima importancia que merece en nuestro país: estamos por decir que no se conoce bien la necesidad de una buena ventilacion. Por esta razon creemos que la Academia de Ciencias, al promover el estudio del calentamiento y ventilacion de los edificios habitados, por medio de un concurso público, hoy que tenemos ejemplos, medios y resultados de lo que han hecho las otras naciones, ha prestado un señalado servicio al pais en un ramo que no solo se refiere al

bienestar material, sino que entraña una cuestion capital de higiene, que, en ciertos casos, llega á ser de deber moral y humanitario. Convencidos de esto, y poseyendo algunos datos, ideas y estudios especiales sobre la materia, hemos querido ponerlos á la disposicion de aquella Corporacion ilustre, respondiendo así á su noble llamamiento.»

Una sola consideracion basta para conocer de lleno toda la importancia de la ventilacion, y el interés que merece y exige su estudio. Esta consideracion nace de observar el papel que desempeña el aire en la economía animal. Un órgano maravillosamente delicado, el pulmon, funciona incesantemente, desde que el hombre nace hasta que muere, con el aire: este fluido es su alimento constante. Dad al estómago alimentos poco nutritivos, de mala ó difícil digestion, ó mal sanos, y lo vereis, en un plazo más ó ménos largo, sufrir perturbacion en sus funciones, y se resentirá la economía. Del mismo modo, dad al pulmon aire impuro, con poco oxígeno ó cargado de miasmas nocivos ó de gases deletéreos, y tocareis análogos resultados. Esta sencilla reflexion, que aun con serlo tanto no ha sido bien apreciada, como hemos visto, puede resumirse ó condensarse en las palabras que forman el lema de esta Memoria: «*Nadie hay que desconozca la importancia de la higiene de la alimentacion: ¿y no es el aire uno de los alimentos esenciales para la vida?*»

CAPITULO I.

Ventilacion de edificios.

I.

TEORÍA DE LA VENTILACION.

La ventilacion de los edificios descansa sobre principios físicos sencillos y aun evidentes: ingenieros distinguidos, sabios profesores, se han ocupado en estos últimos años en el importante estudio que forma el objeto de la presente Memoria; comisiones científicas de la más alta competencia han sido llamadas á estudiar, comparar y discutir diferentes sistemas de calentamiento y ventilacion en Francia y en Inglaterra; los Gobiernos de ambos paises, impulsados por un laudable y justo sentimiento humanitario, han promovido este estudio, facilitando á los sabios, medios de conseguirlo; varios trabajos notables sobre la materia han visto recientemente la luz pública, entre los cuales descuellan por su extension, y principalmente por el justo renombre y sabiduría de sus autores, el tercer tomo de la tercera edicion del *Tratado del calor*, de Mr. Péclet, y los *Estudios sobre la ventilacion*, de Mr. Morin. No obstante lo que sucintamente acabamos de manifestar, es lo cierto, que ya sea por una falta de método, ya por la pasion de sistema (de que ni aun los sabios están libres cuando de las ciencias se trata), muchos ingenieros prácticos y experimentados en el ramo de física aplicada que vamos á estudiar, algunos sabios distinguidos, entre los que tendremos ocasion de citar no pocas veces á Mr. Morin y á Mr. Péclet, consideran algunas cuestiones de calentamiento y ventilacion bajo diferentes puntos de vista: difieren abiertamente en las apreciaciones de los efectos que cada sistema produce, en las ventajas ó inconvenientes que presenta; no están de acuerdo en conclusiones esenciales, y llegan á veces á opuestas consecuencias.

A una gran distancia de estos sabios, por quienes sentimos el mayor respeto y admiracion, no haremos mas que poner frente á frente sus, alguna vez, encontrados pareceres, emitiendo nuestra humilde opinion en uno ú otro sentido. En todos los casos, trataremos de dar á nuestro dictamen la autoridad que le falta, con las razones en que la apoyemos.

Consideremos un local ó espacio *completamente cerrado*, que no tenga más que dos séries de aberturas para comunicar con la atmósfera; las primeras tienen por objeto dar entrada en el local considerado al aire exterior, frio ó calentado segun la estacion: estas aberturas se llaman *aberturas de introduccion* ú *orificios de introduccion*. La segunda série de aberturas tiene por objeto la salida ó evacuacion del aire del local, que por esta razon se llaman *aberturas de evacuacion*. El número, las dimensiones y la situacion respectiva de las aberturas de introduccion y de evacuacion en los locales que han de ser calentados y ventilados, forman una parte importante del estudio del calentamiento y ventilacion; tanto que, sin un suficiente número de dichas aberturas, ó cuando están mal situadas, ó cuando no tienen dimensiones suficientes, la ventilacion es defectuosa, y puede llegar hasta adquirir graves inconvenientes, que la experiencia ha puesto de manifiesto; pero este estudio no es del momento, y lo haremos más adelante.

Las aberturas de introduccion y las de evacuacion se encuentran precedidas (las primeras) ó seguidas (las segundas) por los conductos de introduccion ó por los de evacuacion respectivamente. Los conductos de introduccion se reunen algunas veces en un solo y gran conducto. En un punto de este gran conducto ha de estar alojada la superficie de calentamiento destinada á calentar el aire, en el caso en que este ha de penetrar caliente en el local que se ventila. Los conductos de evacuacion suelen reunirse en uno solo, que es la chimenea, destinado á lanzar el aire del local ventilado á la atmósfera exterior, y á una cierta altura.

No teniendo el local que se considera más comunicacion con la atmósfera que las aberturas de introduccion y las de evacuacion, se le puede ventilar de dos maneras diferentes, que producirán *idénticos* efectos:

Primera: Inyectando aire por las aberturas de introduccion.

Segunda: Aspirándolo por las aberturas de evacuacion.

Con cualquiera de estos dos sistemas se obtendrán los mismos resultados, y con cualquiera de ellos se verificará *que el volúmen de aire que entra por las aberturas de introduccion es igual al que sale por las de evacuacion.*

Medios de producir la inyeccion. Dos medios hay para producir la inyeccion del aire en el local cerrado que consideramos. El primero se realiza con las máquinas soplantes de todas clases, entre las cuales figuran en primera línea los ventiladores de fuerza centrífuga, los únicos que en rigor pueden aplicarse con ventaja á la ventilacion de los edificios habitados. Estos ventiladores, colocados en un punto cualquiera del conducto general de donde derivan todos los conductos de introduccion, aspirarán el aire exterior, y lo rechazarán por los conductos de introduccion hasta el mismo local que se quiere ventilar: el aire del local, impulsado ó comprimido por el que entra por las aberturas de introduccion, saldrá en *igual* cantidad por las de evacuacion. Este método de ventilar es el que los franceses llaman por *insuflation* ó por *pulsion*. El cróquis (*figura* 13) representa *en principio* este sistema. *V* es el ventilador, el cual puede aspirar el aire exterior por el tubo *a*, y lo rechaza ó impele por el *b*, hasta hacerlo penetrar por las aberturas *i*, de introduccion, en el local *L*, y salir por las aberturas de evacuacion *e*. El aire inyectado se puede calentar en un punto cualquiera del conducto comprendido entre el ventilador y el local *L:* conviene que sea lo más cerca posible del último para evitar la pérdida de calor: á veces el calentamiento del aire tiene lugar dentro del mismo local *L*, atravesando conductos ó tubos de estufas de agua caliente ó de vapor, como más adelante veremos detalladamente. En este sistema, y en el caso especial é hipotético que consideramos, la evacuacion es forzosa consecuencia de la admision, puesto que el aire no tiene más aberturas de salida que las de evacuacion.

El segundo medio de producir la inyeccion, ó de obligar al aire á penetrar por las aberturas de introduccion dentro del local que se quiere ventilar, está fundado en el mismo principio general sobre que se fun-

da el tiro de las chimeneas, y requiere el prévio calentamiento del aire nuevo en un punto más bajo que las aberturas de evacuacion. Uno de los muchos y variadísimos ejemplos que podrian citarse de este medio de producir la inyeccion del aire nuevo calentado, se representa en el croquis (*figura* 14).

L, es el local que ha de ventilarse: *C*, es una cueva: *o*, es un calorífero que consiste simplemente en un cilindro de chapa de hierro que lleva en su interior su hogar y su cenicero: *t t*, es el tubo de chapa de hierro que conduce al exterior los productos de la combustion. *X X*, es un gran cilindro de chapa de hierro que envuelve el calorífero, abierto por abajo, que penetra en el local *L* hasta cerca del techo: *a a*, es un conducto que pone la cueva en comunicacion con el exterior: el tubo *X X* lleva aberturas en lo alto *i i*, ó va completamente abierto; estas son las aberturas de introduccion: *e*, representa las de evacuacion. El aire frio de la cueva penetrará en el tubo *X X*, se calentará y penetrará en el local ó sala *L* con una velocidad, que, en el caso y disposicion que representa la figura, y suponiendo que el local *L* está lleno de aire caliente á la misma temperatura que el tubo *X X*, será sensiblemente proporcional á la raiz cuadrada de la altura marcada con la letra *h* en la figura, y á la raiz cuadrada de la diferencia de temperaturas entre el aire de la cueva y el tubo *X X*.

Si el orificio de evacuacion *e*, en lugar de estar cerca del suelo, como la figura representa, estuviera cerca del techo del local *L*, creceria la altura *h*, que deberia llegar siempre hasta la abertura de evacuacion *e*. La evacuacion será una *consecuencia forzosa* de la introduccion.

Si funcionando la inyeccion del aire en cada uno de los sistemas que acabamos de explicar, cerrásemos herméticamente los orificios *e*, se notaria un ligero exceso de presion en los locales *L* sobre la atmósfera. Este ligero exceso de presion, que en la práctica puede variar desde una fraccion de milímetro (en agua) hasta 15 ó 20 milímetros al máximum (con el ventilador), es el que origina la evacuacion por *e*, cuando estas aberturas no están cerradas.

Medios de ventilar por aspiracion. El primer medio es producir la

aspiracion mecánicamente. En general se hace por medio de un ventilador, cuyo efecto sobre el local *L* es opuesto al antes considerado. La *figura* 15 representa en principio este sistema, sobre el cual no necesitamos hacer ninguna explicacion despues de lo dicho. El ventilador se aplica ú obra sobre los conductos de evacuacion, en vez de obrar sobre los de introduccion, como sucedia en el primer caso.

El segundo medio de producir la aspiracion estriba en los mismos principios que el explicado en la *figura* 14; pero así como allí era necesario calentar el aire nuevo ó aire de inyeccion, aquí es preciso calentar el aire viciado del local *L*, ó sea el aire de evacuacion. Este efecto, que puede obtenerse en la práctica de la ventilacion de muchos modos diversos, se hace algunas veces con la disposicion indicada en la *figura* 16. Los conductos de evacuacion comunican con una chimenea *T*, en cuya base hay un hogar *o*, alimentado por el mismo aire de evacuacion ó aire viciado, y que se carga de combustible por medio de una puerta *p*, habitualmente cerrada.

Lo mismo con uno que con otro de los dos sistemas ó medios de producir la aspiracion, la inyeccion ó entrada del aire nuevo por las aberturas *i i*, es una consecuencia forzosa de la evacuacion ó de la aspiracion, y la cantidad de aire evacuado es la misma que el introducido, puesto que no hay otras aberturas más que las de introduccion y las de evacuacion.

Si funcionando los dos medios de aspiracion que acabamos de describir, cerrásemos las aberturas *i i*, de introduccion, disminuiria ligeramente la presion en los locales *L*, en ambos casos.

Resumiendo lo que acabamos de reseñar, diremos: que no hay más que dos medios de ventilar un espacio ó local cualquiera, ó la inyeccion del aire nuevo en dicho local, ó la aspiracion del aire viciado; que la inyeccion se puede hacer mecánicamente con aire nuevo frio ó calentado, ó por medio del calor; pero en este caso es preciso calentar préviamente el aire nuevo: que la aspiracion se puede hacer mecánicamente, y tambien por medio del calor calentando el aire viciado.

No hay, en principio, más que estos cuatro sistemas de ventilacion:

1.° Por inyeccion mecánica.

2.° Por inyeccion por medio del calor.
3.° Por aspiracion mecánica.
4.° Por aspiracion por medio del calor.

Pero debemos advertir desde ahora, que cada uno de los dos primeros se puede combinar, y se combina algunas veces en la práctica con cada uno de los segundos, y entonces se tiene una inyeccion y una aspiracion *independientes:* la introduccion del aire *no será entonces una consecuencia de la evacuacion, ni al revés*, como antes sucedia, si bien se apoyarán y favorecerán mútuamente ambas funciones.

Si el problema de la ventilacion de edificios habitados se refiriese al caso sencillo que acabamos de estudiar, su solucion sería muy fácil; pero los locales que hay que ventilar están en comunicacion con la atmósfera por muchas aberturas, que no son ni las aberturas de introduccion ni las de evacuacion: estas aberturas, que llamaremos *accidentales* en lo sucesivo, para evitar rodeos, son las puertas y ventanas de dichos locales, cuando están abiertas; y los numerosos intersticios, rendijas, y juntas que dejan, cuando están cerradas. Hé aquí lo que viene á complicar el problema de la ventilacion de los edificios, y lo que principalmente lo convierte en un problema difícil.

El ideal de una buena ventilacion exije, entre otras condiciones, que el aire nuevo, frio ó caliente, entre en el local que se ventile por las aberturas de introduccion, *y no por otras;* que el aire viciado salga por las de evacuacion, *y no por otras.* Volvamos la vista á los cuatro sistemas de ventilacion antes descritos: apliquémoslos uno por uno á un mismo local con aberturas accidentales más ó ménos numerosas, y hasta variables de un momento á otro, como sucede con las puertas, y veamos cuál de los cuatro es el que satisface á las dos condiciones arriba impuestas.

A primera vista parece que los sistemas que funcionan por inyeccion, tendiendo á producir un ligero exceso de presion en el local, deberán producir salidas de aire por las aberturas accidentales, en tanta mayor abundancia cuanto mayores sean estas aberturas; de tal modo que si hay puertas abiertas, por ellas escapará principalmente el aire, porque le ofrecen poca resistencia, comparada con la de los lar-

gos y estrechos conductos de evacuacion. Algo de esto se verifica en la práctica, pero no en la proporcion que pudiera creerse, ni del modo tan sencillo como parece. El exceso de presion de que antes hemos hablado no existe en realidad más que cuando no hay aberturas de salida y la evacuacion del aire viciado cesa; pero cuando el local está en comunicacion con la atmósfera por las aberturas de evacuacion, ó por estas y las accidentales, no puede notarse tal exceso de presion, y las corrientes de aire que se dirigen desde las aberturas de introduccion á las de evacuacion ó á las accidentales, los remolinos invisibles que se originan, la influencia de la temperatura del aire cuando está caliente, la influencia del viento y corrientes de la atmósfera exterior al local, forman un conjunto de circunstancias imposibles de estudiar y variables de un momento á otro, que origina, en muchos casos, corrientes de fuera adentro por algunas aberturas accidentales, y á veces hasta por las mismas aberturas de evacuacion; las cuales, en este caso, hacen un papel completamente opuesto al que nos proponíamos.

Esta perturbacion general de la ventilacion, ocasionada por la presencia de las aberturas accidentales, trae siempre las malas consecuencias que vamos á enumerar.

Primera: Las aberturas de evacuacion han cesado de funcionar en todo ó en parte, ó lo que es peor, se han convertido en aberturas de introduccion del aire viciado que se marchaba, ó de aire frio; grave mal cuando el local debia recibir aire caliente.

Segunda: El aire viciado del local que se ventila puede marcharse por las aberturas accidentales á otros locales en comunicacion por estas con el primero.

Tercera: El aire frio penetrará por otras aberturas accidentales en el local que se ventila, y estas corrientes de aire frio sobre las personas reunidas en un local que se ventila con aire caliente, son no solamente incómodas, sino perjudiciales á la salud.

Cuarta: Si el local que se ventila tiene, como debe tener, sus aberturas de introduccion y de evacuacion dispuestas en número, dimensiones y situacion convenientes para que el aire del local se renueve en todas sus partes y con igualdad, no se conseguirá este efecto desde el

momento en que las aberturas accidentales empiecen á producir corrientes de dentro á fuera ó al revés, y funcionen mal las aberturas de evacuacion. Se tendrá entonces una ventilacion irregular, arbitraria, que dependerá del conjunto de circunstancias que se hayan reunido en el local considerado.

Quinta: Si el local se ventila con aire caliente, ó lo que es lo mismo, si á la ventilacion va unido el calentamiento, este no será ni uniforme ni regular, sino que, siguiendo enteramente las peripecias á que obedece la ventilacion, será como esta irregular y arbitrario, y el local no se calentará por igual en todas sus partes: aquella parte por donde no circule el aire caliente estará mucho mas fria que allí donde circule: aquella parte por donde penetre una corriente de aire frio de fuera adentro, se enfriará mucho.

Todas estas consecuencias son evidentes por sí mismas: si se quiere verlas comprobadas experimentalmente, no hay mas que acudir á las obras ya citadas de Mr. Péclet y de Mr. Morin, y sobre todo la última, que es un gran arsenal donde encuentran multitud de medios de ataque y defensa en aquella gran serie de experimentos, todos los que quieran hacer la crítica de un sistema y conocer detalladamente los efectos que produce.

Acabamos de ver los inconvenientes que presentarán en la práctica los sistemas de ventilacion que funcionen por inyeccion, ya sea esta mecánica, ya por la accion del calor. Veamos ahora lo que sucederá empleando los otros dos sistemas que funcionan por aspiracion. Las aberturas de evacuacion funcionarán bien, del mismo modo que en el caso anterior funcionaban bien las de introduccion; pero fuera de esto encontraremos la misma perturbacion de funciones, los mismos inconvenientes, producidos por la presencia de las aberturas accidentales. La aspiracion que por las aberturas de evacuacion se ejerce en el local que se ventila, producirá corrientes de fuera adentro por las aberturas accidentales: las aberturas de introduccion funcionarán mal, y algunas podrán no funcionar, porque los conductos de introduccion pueden oponer mayor resistencia á la entrada del aire nuevo, que una puerta abierta ó los intersticios situados cerca de los orificios de evacuacion. Si el local que

se ventila está en comunicacion con otros locales por las aberturas accidentales, sucederá, que la aspiracion producida en el primero puede hacer penetrar en él el aire viciado de los segundos. Si las aberturas accidentales no comunican con otros locales sino con el exterior, la aspiracion producirá corrientes de aire frio de fuera adentro, con todos sus inconvenientes. Vemos, pues, que con los dos sistemas de ventilacion por aspiracion tendremos los mismos inconvenientes, absolutamente los mismos que con los de la ventilacion por inyeccion. Podríamos, pues, deducir las mismas cinco consecuencias que antes, sin mas diferencia que en el primer caso las aberturas mas perturbadas en sus funciones eran las de evacuacion, y en el segundo lo son las de introduccion.

Si tanto el sistema de ventilacion en que se asegura la inyeccion de un cierto volúmen de aire sin cuidarse de la evacuacion, como el opuesto, tienen inconvenientes en la práctica, y se hallan á igual distancia del ideal de la ventilacion, ¿cuál es el sistema que más se aproxima á ese ideal, ó cómo se pueden evitar los inconvenientes graves indicados?

La solucion á esta cuestion es sencilla, desde el momento en que se ponen ambos sistemas frente á frente; estudiando, como lo hemos hecho, los inconvenientes de cada uno, y sobre todo las causas que los originan.

El mejor sistema de ventilacion será aquel que asegure el servicio ó las funciones de las aberturas de introduccion y de las de evacuacion, lo cual se conseguirá haciendo la inyeccion *independiente* de la aspiracion, y esta independiente de aquella; ó lo que es lo mismo, obrando á la vez por inyeccion y por aspiracion. ¿Se habrá conseguido con esto obtener una ventilacion perfecta, una ventilacion en la cual no tome parte alguna la atmósfera exterior al local que se ventila? ¿Habremos anulado completamente con este doble sistema la nociva influencia de las aberturas accidentales sobre la ventilacion? No, pero habremos aminorado esta influencia hasta donde es posible: tendremos el sistema de ventilacion más perfecto que sea dado tener.

En efecto, desde luego tendremos constantemente funcionando las aberturas de introduccion y las de evacuacion, sin que estas puedan su-

frir las grandes variaciones que antes, y ménos aún el cambio completo de funciones. Las corrientes accidentales de aire de dentro afuera, ó de fuera adentro, se habrán aminorado considerablemente. La aspiracion que se produce por las aberturas de evacuacion, puede ser satisfecha fácilmente por la entrada espontánea del aire por las aberturas de introduccion. La aspiracion no necesita ser tan grande como antes, porque no tiene que vencer resistencia alguna en los conductos de introduccion: esta resistencia es vencida por la fuerza que produce la inyeccion; luego las corrientes de fuera adentro por las aberturas accidentales serán en menor grado que antes. Lo mismo demostraríamos que deben aminorar tambien las de dentro afuera.

Estas consecuencias se encuentran comprobadas en todas sus partes por los experimentos hechos por observadores diferentes. Para no hacer demasiadas citas, tomemos los siguientes datos del resúmen de multitud de observaciones hechas en el hospital de hombres de Lariboisière por varios observadores; resúmen que da Mr. Morin en la página 423 del tomo primero de sus *Estudios sobre la ventilacion*.

1.° «El volúmen de aire nuevo introducido en las salas, es, durante »el invierno, de 70 á 75 metros cúbicos por hora y por cama.

2.° »El volúmen de aire evacuado en invierno por la chimenea ge»neral se eleva á 70 ó 75 metros cúbicos por hora y por cama. En ve»rano, á la misma velocidad de la máquina (el ventilador), este volú»men de aire evacuado puede reducirse á ménos de la mitad.»

Veamos cómo estos resultados, que valen tanto más, cuanto que son el resúmen de todos los experimentos, confirman nuestras consecuencias.

Conviene saber, que el hospital ó pabellon de hombres de Lariboisière está ventilado por inyeccion mecánica. El aire es inyectado en las salas por medio de un ventilador de fuerza centrífuga, que lo impele por los conductos de introduccion hasta hacerlo penetrar en las salas de enfermos. Hay dentro del suelo de cada sala un conducto ó canal longitudinal, donde se aloja un tubo de vapor, y hay además varias estufas de agua caliente, atravesadas en toda su longitud por tubos abiertos por sus dos extremos, comunicando por abajo con el conducto mencio-

nado antes, y por la parte superior con la sala. El aire tiene que pasar por el conducto ó canal donde está el tubo de vapor y por los tubos de las estufas, antes de entrar en las salas: empieza á calentarse en el canal referido, y acaba en los tubos de las estufas.

Tanto en invierno como en verano, el aire que penetra por las aberturas de introduccion, que aquí son los extremos de los tubos de las estufas, ó las aberturas de las tapaderas que llevan dichas estufas, es constante. ¿Por qué sucede pues, que en invierno las aberturas de evacuacion funcionan bien, puesto que dan salida á los 70 ó 75 metros de aire introducido, y en verano funcionan mal, y no dan salida más que que á la mitad de este volúmen ó ménos? Porque en invierno hay el doble sistema de la inyeccion y de la aspiracion, y en verano esta última queda casi anulada. En efecto, en invierno se calienta el aire de las salas: el aire viciado sale de estas á una temperatura de 18°, y penetra por las aberturas de evacuacion en los conductos que son otras tantas chimeneas de aspiracion, y funcionan como tales cuando hay diferencia entre la temperatura del aire viciado que las llena y el aire exterior. A este efecto de aspiracion que producen los conductos de evacuacion, que son verticales, ascendentes, y colocados dentro de los muros, se agrega el de una pequeña ó corta chimenea, donde todos desembocan definitivamente. En invierno, en razon á la diferencia de temperatura, hay pues una verdadera aspiracion, *independiente* de la inyeccion. En verano la diferencia de temperatura en los conductos de evacuacion y en la chimenea es nula, porque el aire no se calienta, la aspiracion independiente es por lo tanto nula: las aberturas de evacuacion no funcionan bien.

Vamos á dar otro ejemplo sacado del sistema opuesto, que confirma por completo nuestras consecuencias. Podríamos aducir los resultados mismos de los observadores, pero creemos mejor sacar el argumento de Mr. Morin, partidario decidido del sistema de ventilacion por aspiracion, así como Mr. Péclet lo es del sistema opuesto, ó sea de la ventilacion por inyeccion.

Frente á los pabellones de hombres del hospital de Lariboisière, en los de mujeres, por indicacion de Mr. Morin al Gobierno francés, y en

oposicion y casi competencia con el sistema de la inyeccion mecánica, se estableció por Mr. Léon Duvoir-Leblanc el sistema de la ventilacion por la aspiracion producida por el calor. Oigamos á Mr. Morin, y observemos, que así como está terminante y explícito en las conclusiones que hemos citado, relativas al anterior sistema, y que hacen ver uno de sus inconvenientes, llevado ahora de su aficion al sistema de Mr. Duvoir-Leblanc, busca y ofrece motivos y razones que tiendan á atenuar inconvenientes tan inherentes á este sistema, como lo son los ya referidos al opuesto.

«El volúmen de aire nuevo admitido por las estufas es, en invier-»no, de 62 metros cúbicos por hora y por cama á una temperatura de »cerca de 30°. *Podria* llegar á esta cifra en la primavera y el otoño, *con* »*ayuda* de un calentamiento moderado, *si* los conductos de llegada del »aire á las estufas estuviesen mejor dispuestos. Durante el verano *sería* »*preciso recurrir* á aberturas auxiliares, que se podrian establecer fácil-»mente en la imposta de las ventanas.» (*Etudes sur la ventilation*, tomo 1.° pág. 475.)

Aquí se ve bien claramente que el mal en este sistema está en las aberturas de introduccion, así como en el anterior estaba en las de evacuacion. Se ve que las aberturas de introduccion pueden dar 62 metros de aire en invierno; que en otoño y primavera no lo dan, aun calentando; que en verano dan mucho ménos. Así debia suceder. En el invierno hay la aspiracion producida por la chimenea, más una inyeccion independiente producida por la altura de los tubos de las estufas donde el aire se calienta: hay una inyeccion fundada en el mismo principio que el explicado en la *figura* 14. En verano no hay esto; y como la aspiracion marcha siempre y con una casi constante energía, la introduccion se hace por las aberturas accidentales principalmente; las aberturas de introduccion funcionan mal; hay corrientes de aire exterior de fuera adentro. Dice Mr. Morin que podría llegar á 62 metros el volúmen de aire que entrase por las aberturas de introduccion (los tubos de las estufas) en primavera y otoño, con ayuda de un calentamiento moderado, lo cual vale lo mismo que decir, con una inyeccion independiente de la aspiracion. Dice tambien que en verano sería preciso hacer aberturas en

los muros, que comunicasen libremente con el exterior. Esto es claro: pónganse muchas aberturas y muy grandes para la introduccion del aire exterior, aberturas que opongan muy poca resistencia á la entrada del aire, y entonces la aspiracion no producirá su efecto de un modo tan marcado por las aberturas accidentales de puertas ó ventanas; disminuirán algo las corrientes de fuera adentro por estas aberturas accidentales, en tanto cuanto más numerosas y grandes entradas demos al aire por otras.

Hemos demostrado en lo que precede, que el sistema de ventilacion en que solamente se atiende á la inyeccion, del mismo modo que el opuesto, tienen inconvenientes en igual grado; que estos inconvenientes, que no es posible hacer desaparecer completamente en la práctica, pueden ser considerablemente atenuados combinando ambos sistemas; que en los dos esta combinacion se hace naturalmente durante el invierno por razon del calentamiento del aire de ventilacion; que en verano los dos sistemas ponen de manifiesto análogos inconvenientes; que el verdadero y eficaz remedio de estos será asegurar la inyeccion y la evacuacion independientemente la una de la otra. Los medios propuestos por Mr. Morin anteriormente para mejorar en verano el sistema de Duvoir-Leblanc, pueden del mismo modo aplicarse al sistema opuesto de los Sres. Thomas y Laurens: todo cuanto dice Mr. Morin del primero, la construccion de aberturas auxiliares de introduccion, puede aplicarse al segundo construyendo aberturas auxiliares de evacuacion, que no estén seguidas de largos y estrechos conductos como las de invierno, sino que sean simplemente hechas en los muros exteriores.

No hay, pues, razon alguna para defender un sistema y atacar otro, ni aun para darle al uno más marcada preferencia sobre el otro. Al empezar esta Memoria dijimos, que el campo estaba dividido; que no todos aceptaban el problema de la ventilacion en los mismos términos; que inteligencias tan brillantes, personas tan competentes como Mr. Péclet y Mr. Morin, llegaban á consecuencias opuestas, basándose uno y otro para ello en *los mismos experimentos* hechos por *idénticos* observadores; que esta oposicion de ideas, esta discordancia

de consecuencias, esta division en dos bandos, provenia de mirar la cuestion bajo un solo aspecto, ó por lo ménos de dar demasiada importancia á la introduccion del aire nuevo y poca á la evacuacion, ó viceversa.

Oigamos á estos dos hombres eminentes, y nos convenceremos de ello. Dice así Mr. Morin en la página 109 del primer tomo de sus *Etudes sur la ventilation*.

«Aunque estas dos cuestiones estén muy íntimamente ligadas la una »á la otra, la primera, esto es, la de evacuacion, es evidentemente la »más importante; la segunda (la de introduccion) no es más que una »consecuencia forzosa de la primera. Esto es tan cierto, que cuando »está asegurada la solucion de la primera, la misma naturaleza se en»carga casi siempre de una gran parte de la solucion de la segunda.»

En primer lugar diremos que la introduccion y la evacuacion (1) del aire se encuentran íntimamente ligadas la una á la otra, cuando *no existen* aberturas accidentales; pero la presencia de estas pone á la atmósfera en medio de la introduccion y de la evacuacion, y queda casi rota la relacion entre ambas: cuando no existen aberturas accidentales, la introduccion es consecuencia forzosa de la evacuacion, y viceversa; cuando estas existen, y en gran número, y variables de un momento á otro, como sucede en la práctica, ya hemos visto lo que se verifica.

En segundo lugar haremos observar, que si fuese exacto lo que manifiesta Mr. Morin en el párrafo copiado, tambien lo sería cambiando entre sí las palabras *introduccion* y *evacuacion*, esto es, poniendo introduccion donde dice evacuacion, y viceversa: entonces tendríamos un párrafo que diria lo contrario que antes, y sería tambien cierto. Aplicando el razonamiento de Mr. Morin al sistema opuesto podríamos decir: en el hospital de hombres de Lariboisière está perfectamente asegurada, durante el verano, la entrada ó introduccion de 70 ó 75 metros de aire por hora y por cama. La evacuacion, segun hemos visto, no

(1) Se entiende la introduccion y la evacuacion *por las aberturas destinadas á llenar estas funciones.*

llega en esta época á la mitad de esa cifra; pero como el aire introducido, por alguna parte sale, podemos tambien decir que cuando la introduccion del aire en un local está asegurada, la misma naturaleza se encarga casi siempre (bien podemos decirlo) de una gran parte de la evacuacion.

Oigamos á Mr. Péclet, que siguiendo opuesto rumbo que Mr. Morin, da una excesiva importancia á la introduccion y muy poca á la evacuacion.

La comision encargada de estudiar los sistemas de calentamiento y ventilacion del hospital de Lariboisière, compuesta de los Sres. Combes, Péligot y Leblanc, despues de hacer muchos experimentos, manifestaba en su informe, que sería muy conveniente que se estudiase la construccion de un instrumento que, *colocado en la chimenea de aspiracion*, indicase aproximadamente por medio de una aguja, si la ventilacion era superior ó inferior á la contratada; instrumento que serviria á la Administracion para comprobar ó medir la ventilacion, como los termómetros le sirven para comprobar ó medir las temperaturas estipuladas, en las salas de enfermos. Con este motivo dice Mr. Péclet (*Traité de la chaleur*, tomo III, pág. 260):

«Aunque ese instrumento se encontrase, no mediria la ventilacion »de una manera absoluta, y sí solo en la chimenea de aspiracion; y »esta ventilacion, ni en locales diferentes, ni en distintas épocas en el »mismo local, está en relacion constante con la ventilacion *efectiva y* »*útil*. Ese instrumento daria la ventilacion *aparente*, no la *real*.»

Vemos, pues, que Mr. Péclet, que no quiere juzgar una ventilacion por la evacuacion del aire viciado, sino por la introduccion del aire nuevo, da toda la importancia á la introduccion, con grave perjuicio de la evacuacion, y por lo tanto de la ventilacion, tal como esta debe entenderse. Si este párrafo que acabamos de copiar pareciera poco explícito, citemos otro pasaje en que, describiendo el sistema de ventilacion por inyeccion, establecido en los pabellones de hombres del hospital de Lariboisière, por los Sres. Thomas y Laurens, y comentando los resultados de los experimentos, dice al hablar del volúmen de aire nuevamente introducido:

«Estas cantidades de aire observadas, *entran realmente* en las salas, y se reparten por ellas; producen por consiguiente la ventilacion *útil* que es posible realizar.» (*Traité de la chaleur*, tomo III, pág. 277.) De modo que para Mr. Péclet la ventilacion *útil* se mide por la introduccion: la evacuacion no tiene para él importancia; esta última representa para él la ventilacion *aparente:* precisamente todo lo contrario de lo que cree Mr. Morin. Poco importa á Mr. Péclet, que el sistema establecido por los Sres. Thomas y Laurens en el hospital de Lariboisière, produzca una evacuacion que no llegue á la mitad de la introduccion; á esto no le da importancia, puesto que no representa ventilacion real. Para Mr. Péclet, la cuestion importante consiste en asegurar la entrada del aire nuevo en los locales que se ventilan; para Mr. Morin, la cuestion capital estriba en asegurar la salida por las aberturas de evacuacion del volúmen estipulado ó conveniente de aire viciado.

Hemos manifestado, repetidas veces, en lo que antecede, que cuantas consecuencias se deducen de los principios que hemos sentado y de la teoría de la ventilacion, han sido comprobadas por la experiencia. No hemos querido aglomerar citas y relatar experimentos detallados, contentándonos con citar las conclusiones que de multitud de experimentos deduce Mr. Morin, por no hacer pesada esta Memoria, y por no creerlo rigorosamente necesario. Sin embargo, forzoso nos parece hacernos cargo de un argumento que hace Mr. Péclet, y que está en completa contradiccion con la teoría que dejamos expuesta y con sus consecuencias. Defendiendo Mr. Péclet el sistema de ventilacion por inyeccion, establecido en los pabellones de hombres del hospital de Lariboisière, dice lo siguiente en su *Tratado del calor*, tercera edicion, tomo III, página 289.

«Se habia pretendido que cuando se abriesen las ventanas, debien»do salir el aire por la via más fácil, se escaparia en masa por estas »nuevas aberturas; no pasaria por los conductos de evacuacion; y »una parte del aire viciado que hubiese empezado á subir por ellos, »volveria atrás para penetrar en las salas, con grave perjuicio de los »enfermos. Cuando se abre una ventana, se aumenta la suma de los »orificios de salida; la velocidad de salida por los conductos *disminuye*

»por lo tanto, *pero no se hace nunca nula ni cambia de signo*, como lo in-»dica el simple *raciocinio*, y como la experiencia lo prueba.»

Lo que indica el simple raciocinio es que en verano, esto es, cuando el aire que llena los conductos de evacuacion está casi á la misma temperatura que el exterior, la aspiracion es nula ó casi nula; por consiguiente no hay razon alguna para probar que el aire inyectado por el ventilador debe entrar por las aberturas de evacuacion, y seguir sus largos y estrechos conductos que le oponen una gran resistencia, en vez de salirse naturalmente por las grandes vias que se le ofrecen, y que no le presentan ninguna.

Lo que la experiencia enseña en ese mismo hospital á que se refiere Mr. Péclet, es: que siendo el volúmen de aire evacuado de 65 metros cúbicos por cama y por hora en la sala del primer piso del pabellon número 4, cuando todas las puertas y ventanas estaban cerradas, este volúmen se redujo á 38 metros cúbicos abriendo *una sola ventana*, á 22 abriendo dos; á 17 y á 11 metros cúbicos, abriendo cuatro: que el anemómetro colocado en algunos conductos *se paraba* á ratos, y en otros llegaba hasta girar en *sentido contrario* al normal, con *una velocidad* correspondiente á un gasto ó volúmen de 22 metros cúbicos por hora. (Experimentos de los Sres. Trélat y Péligot en el hospital de Lariboisière.)

Al escribir Mr. Péclet el párrafo antes copiado, no pudo tener á la vista los experimentos de los Sres. Trélat y Péligot, sino solamente los de Mr. Grassi, que precedieron á los primeros, y que presentó su trabajo como tésis para el doctorado. Pero cuando los resultados de la experiencia no se explican bien, y se oponen á los que la razon manifiesta, es preciso no partir de ligero, no deducir fácilmente consecuencias, no aceptarlas ciegamente, estudiar mucho todas las causas que pudieran modificar ó alterar los resultados, y ver la influencia en estos de cada una de aquellas, repetir mucho los ensayos en todas las condiciones y circunstancias posibles. Esto prueba cuán difíciles son los experimentos de ventilacion, y la delicadeza, paciencia y conocimientos que exijen, además del mucho tiempo.

No puede decirse que se conocen los efectos de un sistema de ven-

tilacion aplicado á un edificio; no puede apreciarse el valor ó mérito de un sistema establecido, ni en un dia, ni en una semana, ni en un mes: se necesita por lo menos un año. ¿Por qué? Porque ligada, como lo está casi siempre, la ventilacion al calentamiento, los efectos cambian con las estaciones, con los vientos, con el número más ó ménos grande de personas y de luces. Los dos sistemas de calentamiento y ventilacion que hemos descrito con brevedad, que están establecidos respectivamente en los pabellones de hombres y de mujeres del hospital de Lariboisière, y que son seguramente los que más se han estudiado hasta ahora en el mundo, vemos que marchan bien cuando hay calentamiento, y dejan ambos sentir sus inconvenientes cuando no lo hay, ó sea en verano. La razon ya la hemos indicado: en invierno hay inyeccion y aspiracion independientes en los dos; en verano el hospital de hombres funciona con sola la inyeccion; la aspiracion es nula: en verano el hospital de mujeres funciona con sola la aspiracion; la inyeccion es nula.

No solamente es necesario para conocer, juzgar y apreciar un sistema de calentamiento y ventilacion, estudiarlo durante un año bajo el aspecto de la introduccion del aire y bajo el de la evacuacion: la uniformidad de la distribucion del calor y del aire y su constancia, las perturbaciones que la abertura de algunas ventanas, y sobre todo las puertas de servicio, ejercen sobre la introduccion y la evacuacion, son tambien de la mayor importancia. Pero hay más: las personas peritas, ó las comisiones facultativas llamadas á dar su dictámen ó emitir su opinion sobre un sistema establecido y sobre los efectos que produce, deben estar sobre sí, y estudiar si los aparatos de calentamiento, que tanto influyen en los efectos de la ventilacion, llevan la marcha normal y no van forzados, con el objeto de llegar ó superar los efectos estipulados de ventilacion; deben abarcar cada vez los efectos generales de calentamiento y ventilacion del local; porque nada hay más facil en un gran edificio donde se están haciendo experimentos sobre calentamiento y ventilacion, que favorecer y aumentar los efectos producidos allí donde se hacen los experimentos y observaciones, á expensas de los otros puntos donde el sistema no se estudia: las llaves de los tubos de vapor y

agua caliente, los registros de los conductos de evacuacion y de introduccion, la velocidad de los ventiladores, las llaves ó registros de los tubos porta-viento, se prestan maravillosamente á una alteracion que conduce fácilmente á un juicio erróneo de un sistema. De modo que en esta clase de estudios hay, además de las dificultades propias del problema, este otro género de causas de error.

Despues de lo que acabamos de manifestar, nadie extrañará que digamos que en Francia, comisiones compuestas de personas competentes, y aun sabias, llenas de buena fe y de lealtad, han emitido informes favorables sobre sistemas establecidos de calentamiento y ventilacion, que han tenido que modificarse mucho al cabo de poco tiempo, y aun abandonarse por completo para reemplazarlos con otros.

La discordancia de opiniones y confusion de ideas que existe hoy sobre el importantísimo problema de la ventilacion, tiene, entre otros males, el que no sepamos á qué atenernos para medirla.

Hemos visto que para Mr. Péclet, el volúmen de aire que escapa por los conductos de evacuacion no es más que la ventilacion *aparente:* que la ventilacion *útil, efectiva, real,* es la que se deduce del aire que entra en las salas por las aberturas de introduccion. Hemos visto tambien que para Mr. Morin, la cuestion principal es la de la evacuacion del aire viciado, y en ella ve la medida de la ventilacion.

De cuanto hemos manifestado creemos poder deducir con sólido fundamento, que la verdad está á igual distancia de ambas opiniones. Nosotros nunca podremos decir que una sala de hospital, por ejemplo, está bien ventilada porque entren en ella 70 metros cúbicos de aire por enfermo y por hora, si estamos viendo que este aire forma una corriente desde las aberturas de introduccion hácia las puertas, ó hácia los intersticios de estas y de las ventanas, y que no funcionan, ó funcionan al revés los conductos de evacuacion. Esta ventilacion, en su límite, podria llegar hasta á ser mas perjudicial que útil. Cuando se estudia un proyecto de calentamiento y ventilacion de un edificio, cuando se fijan el número, las dimensiones, las situaciones respectivas de las aberturas de introduccion y de evacuacion, es para que funcionen; es porque funcionando se obtiene la expulsion del aire viciado en todos los puntos de la

sala; solo así la ventilacion es uniforme, regular, completa en toda la extension de la sala que se ventila; y si no funcionan quedarán porciones de la sala sin ventilar, habrá corrientes enérgicas de fuera adentro ó de dentro afuera, con todos sus inconvenientes; si la sala que se ventila comunica con otra, el aire viciado de la primera podrá entrar á inficionar la segunda, etc. Por el contrario, tampoco podremos decir que una sala de un hospital esté bien ventilada porque observemos que sale por la chimenea general donde envian el aire los conductos de evacuacion, el suficiente volúmen de aire, si estamos viendo que penetra por una puerta del exterior y se dirije en corriente hácia los orificios mas próximos de evacuacion, sin que se renueve más que una parte del espacio de la sala, quedando otra sin ventilacion; ó bien si estamos viendo que el aire que sale por los conductos de evacuacion de la sala que se considera, es aire que viene de otra inmediata, que comunica por una ó mas puertas con la primera.

Con este inconveniente de la medida de la ventilacion han tropezado en la práctica las comisiones nombradas para estudiar y dar su dictámen acerca de un sistema de calentamiento y ventilacion ya establecido. Los contratos y pliegos de condiciones formados para calentar y ventilar grandes edificios, no han dicho hasta ahora más sino que la ventilacion será de tantos metros por hora ó de tantos metros por hombre y por hora; pero habiendo á veces gran desigualdad entre los volúmenes de aire introducidos y evacuados, ¿qué se toma como medida de la ventilacion? Esta es una cuestion de la mayor importancia, no tanto despues de establecido el sistema como antes, á fin de precisar, casi debemos decir, de definir las condiciones del contrato.

En rigor, la medida de la ventilacion está en el *volúmen* de aire que, *penetrando* en el local que se ventila por las aberturas de introduccion, *sale* por las de evacuacion, descartando *completamente* todo el movimiento de aire que tenga lugar de dentro afuera ó de fuera adentro por las aberturas accidentales. Determinar exactamente este volúmen, medirlo, es imposible; pero en este caso nos aproximaremos á la verdadera medida de la ventilacion, midiendo el volúmen de aire que penetra por las aberturas de introduccion, despues el que sale por las de evacuacion,

y tomando el menor de ambos números. Estos experimentos deben hacerse en el estado normal y de servicio ordinario de puertas y ventanas.

Con todo este rigor creemos que deberia establecerse la medida de la ventilacion en cierta clase de edificios, y sobre todo en los hospitales. Para contratos de ventilacion en otros edificios, podria establecerse como medida de la ventilacion la media entre el volúmen de aire que entra por las aberturas de introduccion y el que sale por las de evacuacion; pero estableciendo tambien que ni el primer volúmen ni el segundo puedan bajar de la mitad del volúmen contratado. Así se encierran las variaciones entre ciertos límites.

De todo lo dicho hasta aquí podemos concluir en resúmen:

1.° Que para obtener la ventilacion mas perfecta posible, para disminuir hasta donde sea dable los inconvenientes de los dos sistemas de ventilacion por inyeccion sola ó por sola la aspiracion, es menester combinar y tener en accion constantemente ambos sistemas en el edificio que se quiere ventilar. Es preciso asegurar la evacuacion y la introduccion.

2.° Que tanto el sistema que solo asegura la inyeccion como el que solo asegura la evacuacion, pueden producir una buena ventilacion en invierno, en razon á que entonces el sistema se hace doble, y tiene inyeccion y evacuacion independientes una de otra. Que en verano ambos sistemas presentan análogos inconvenientes.

3.° Que para remediarlos, el medio seguro y directo consiste en complementar el sistema durante el verano como lo está en invierno. Así, por ejemplo, en el pabellon de hombres del hospital de Lariboisière seria necesario mejorar la evacuacion de verano, para lo cual bastaria sustituir la corta chimenea metálica que actualmente tienen los pabellones en el desván, por una algo mas larga, recubierta al exterior de una capa gruesa de yeso para evitar el enfriamiento, y calentada por un serpentin de vapor ó varios, puesto que este es el sistema de calentamiento allí establecido. Tambien podria emplearse, en lugar de chimenea metálica, una como la que hay en los pabellones de mujeres, formada de un entramado de madera con tabiquería de ladrillo, y enlucida de mortero al exterior y al interior. Las chimeneas que

arrancan de lo alto de los edificios, han de ser necesariamente muy ligeras. Para remediar los inconvenientes de que adolece la introduccion del aire nuevo en los pabellones de mujeres del mismo hospital, sería preciso emplear en ellos la inyeccion mecánica durante el invierno. De modo que si el sistema de inyeccion por un ventilador, que hoy existe allí para los pabellones de hombres, se hubiera aplicado á todos, y el sistema de aspiracion que tienen los de mujeres, ú otro cualquiera, se hubiera tambien aplicado á todos, el hospital de Lariboisière tendria la ventilacion mas perfecta posible.

4.° En aquellos edificios en que la economía no es la primera razon á que hay que subordinar un proyecto de calentamiento y ventilacion, y en aquellos en que la higiene reclama la ventilacion más perfecta posible, como los hospitales, debe tenerse el sistema doble de ventilacion, no solamente en invierno, en que naturalmente se tiene ya, sino en verano, aun á pesar de un aumento de gasto. No vaya á creerse que este aumento de gasto va á ser considerable. Supongamos, por ejemplo, un hospital ventilado por inyeccion mecánica, como el de hombres de Lariboisière. Durante el verano se abren de dia las ventanas en la mayor parte de las salas del hospital: los médicos no encuentran en ello inconveniente, y esto es un recreo y satisfaccion material, y hasta una necesidad para los enfermos; de noche, y en ciertos climas, los médicos previenen que las ventanas estén cerradas. Durante el dia, en que todas ó la mayor parte de las ventanas se abren, la inyeccion, ayudada de la ventilacion natural, no necesita la aspiracion especial del aire viciado. El gasto, ó el aumento de gasto, queda, pues, reducido á la aspiracion del aire viciado durante las cortas noches del verano. Pero cerradas entonces las ventanas, provistas de *portiers* las puertas, calentado algo el aire viciado con el calor de los enfermos, con poco más que se le caliente en la chimenea de aspiracion, donde desembocan los conductos de evacuacion, tendremos una aspiracion suficiente, y habremos completado el sistema.

5.° Cuando no se quiera tener ese ligero aumento de gasto, pueden emplearse las aberturas auxiliares para verano, que ya hemos mencionado, y que recomienda Mr. Morin para corregir los inconvenientes

de la ventilacion en los pabellones de mujeres del hospital de Lariboisière.

6.° Una ventilacion será buena, no cuando entre en los locales ventilados el volúmen de aire conveniente, ni cuando salga dicho volúmen por las aberturas de evacuacion, sino cuando entre por las primeras y salga por las segundas. Es muy conveniente que la diferencia entre el volúmen de aire que entra en los locales por las aberturas de introduccion y el que sale por las de evacuacion *sea pequeña*.

7.° La medida de la ventilacion no estriba, ni en el volúmen de aire que entra por las aberturas de introduccion, ni en el que sale por las de evacuacion, sino en el volúmen de aire que, entrando por las primeras, sale por las segundas; pero este es imposible medirlo exactamente, porque se complica con el que entra ó sale por las aberturas accidentales. En aquellos edificios en que se quiera á todo trance tener la ventilacion más perfecta posible, y en que para esto se establezcan la inyeccion y la aspiracion independientes, debe medirse la ventilacion por el menor de los dos volúmenes arriba enumerados; y así debe consignarse en los contratos para el establecimiento de esta mejora en los edificios públicos. En aquellos edificios en que no sea necesaria una ventilacion tan perfecta, y en que solo se establezca uno de los sistemas de ventilacion que funcionan por sola la inyeccion ó sola la aspiracion, debe consignarse en los contratos, que el volúmen de aire nuevo introducido, y el evacuado, no deben bajar ni el uno ni el otro de la mitad del volúmen de ventilacion, ó estipulado. Se tomará como medida de la ventilacion, la media entre el volúmen introducido regularmente y el evacuado por las aberturas á este efecto.

II.

NÚMERO, SECCION Y POSICIONES RELATIVAS DE LOS ORIFICIOS Ó ABERTURAS DE INTRODUCCION DEL AIRE NUEVO Y DE EVACUACION DEL AIRE VICIADO.

No basta asegurar la introduccion del volúmen conveniente de aire en una sala ó local cualquiera, y la evacuacion del mismo, para que la sala se encuentre ventilada igualmente en toda su extension, y calentada con uniformidad cuando el aire que se introduce es caliente. Para conseguir la renovacion uniforme y total del aire, es preciso disponer de un modo conveniente los orificios de introduccion y los de evacuacion.

Número de los orificios de introduccion y de evacuacion. Fácilmente se comprende que, en principio, debe ser conveniente tener el mayor número posible de orificios de una y otra clase. Consideremos una sala que solo tenga dos orificios, uno en un extremo de ella y otro en el extremo opuesto, el primero para la introduccion del aire nuevo, el segundo para la evacuacion. Es evidente que tanto cuando el aire introducido en la sala sea frio como cuando sea caliente, se dirigirá de uno á otro orificio, desviándose más ó ménos de la línea recta, en uno ú otro sentido, segun que su densidad sea mayor ó menor que la del aire de la sala; pero en todos los casos constituirá una corriente única, que no podrá poner en movimiento con facilidad al aire en todos los sitios del local que se quiere ventilar. Si, al contrario, en lugar de dos orificios ponemos muchos en ambos testeros de la sala, tendremos muchas corrientes parciales que, aunque con ménos velocidad que la corriente única del caso anterior, podrán poner en movimiento y renovar toda la masa de aire. Además, cuando hay un solo orificio de evacuacion, como allí tiende á afluir el aire viciado para efectuar su salida, resulta que aquella parte de la sala tiene mal olor y es insalubre. Si queremos un ejemplo de ello, citaremos el siguiente, que tomamos de

Mr. Morin, referente á la escuela pública elemental de Grenelle, en la cual hay establecido el sistema de calentamiento y ventilacion estudiado para esta clase de escuelas por Mr. Péclet, y aceptado por la Administracion francesa. Existe en dicha escuela un solo orificio de evacuacion, colocado cerca del mostrador ó mesa de la maestra, en uno de los testeros de la escuela. El mal olor que habia cerca de dicho orificio incomodaba tanto á la maestra, que ésta lo tenia ordinariamente cerrado, suprimiendo con tal medida la ventilacion. Acaso podria hacerse por algunos una observacion, ó más bien una objecion, á lo que acabamos de decir. Podria decirse que si, en efecto, habia mal olor al lado del orificio de evacuacion, esto argüiria una ventilacion insuficiente. Nada de esto. Es un hecho probado hasta la evidencia en muchos edificios, y cuya explicacion no se conoce, que aun cuando no se perciba olor sensible en una sala bien ventilada, puede sin embargo notarse en la chimenea de evacuacion: más aún; el aire de estas chimeneas, cargado de las emanaciones cutáneas y de los miasmas orgánicos expelidos en la respiracion, si no es venenoso, al ménos produce fácilmente la asfixia, y de ello tenemos dos pruebas en dos ingenieros que hacian experimentos, uno en el hospital Beaujou, en París, y otro en el palacio de Justicia, los cuales (segun refiere Mr. Morin) estuvieron en grave peligro de ser asfixiados por respirar el aire viciado en los conductos de evacuacion. (*Etudes sur le vent*, tomo II, pág. 45.)

El grave inconveniente que acabamos de señalar en la escuela de Grenelle, se evita diseminando el número de puntos por donde sale el aire viciado.

Hemos dicho que *en principio*, conviene que sean muy numerosos, tanto los orificios de introduccion como los de evacuacion. En la práctica hay que limitar alguna vez su número más acaso de lo que convendria, por exigirlo así las circunstancias de los locales; pero nunca tanto como lo ha hecho Mr. Péclet en su proyecto, sobre todo para los orificios de evacuacion, y cuando haya de haber personas cerca de dichas aberturas.

Situacion respectiva de los orificios de introduccion y de evacuacion. Pocas líneas consagra Mr. Péclet al estudio de tan importante cuestion.

Hé aquí su opinion sobre ella. (*Traité de la chaleur*, tercera edicion, tomo III, pág. 65.)

«El mejor modo de ventilar consistiria en introducir el aire por un »gran número de puntos de la superficie del suelo, y en hacerlo salir »por orificios practicados en el techo.» Esta es, en principio, segun Mr. Péclet, la posicion relativa de los orificios de introduccion y de evacuacion más conveniente para la buena ventilacion, y por ello la propone para los anfiteatros y otros sitios.

Pesados y medidos los inconvenientes de la disposicion que Mr. Péclet recomienda para los orificios de introduccion y de salida del aire, y los que ofrece la disposicion inversa, que ha dado constantemente mejores resultados que la primera en la práctica, y que es más racional, nos decidimos por la última, siguiendo en ello la opinion de Mr. Morin. Esta última disposicion es la que los ingenieros ingleses han creido siempre la más conveniente, incluso el doctor Reid, no obstante que por circunstancias particulares haya tenido que seguir en algunas ocasiones la opuesta, como sucedió en su proyecto para calentar y ventilar las salas de sesiones de las Cámaras inglesas. El proyecto primitivo de Mr. Reid para la Cámara de los Comunes, exigia la entrada del aire nuevo por el techo y la evacuacion por abajo. El sucesor del doctor Reid en el calentamiento y ventilacion de dichas cámaras, Mr. Goldsworthy Gurney, llamado á modificar el sistema del doctor, indicó tambien en su proyecto la entrada por arriba y la extraccion por abajo, pero tampoco lo consintieron las exijencias y dificultades presentadas por los arquitectos. La comision régia inglesa nombrada en 1857 para proponer cuanto creyese necesario para sanear los cuarteles ingleses, en los cuales la estadística acusaba una mortalidad excesiva, despues de hacer innumerables experimentos sobre todo cuanto se refiere á la ventilacion y calentamiento de los cuarteles, dice en su extenso y bien meditado informe: «Por motivos prácticos, perfectamente justifica»dos por los resultados de la experiencia, hemos decidido que los ori»ficios de admision de aire se coloquen cerca del techo.» Por último, en Francia hoy dia, con la experiencia adquirida, está universalmente admitida, en principio, la conveniencia de colocar en lo alto de las salas

los orificios de introduccion, y en lo bajo los de extraccion ó evacuacion. Las razones que hay para encontrar superior esta disposicion á la de Mr. Péclet, son las que siguen:

Orificios de introduccion. Estos orificios darán aire más caliente ó más fresco que el de la sala: más caliente, por regla general, en invierno; más frio, por regla general, en verano. Estas corrientes de aire relativamente caliente ó frio son por lo ménos incómodas, ya que no insalubres, para las personas cuyo cuerpo, en totalidad ó en parte, se encuentra envuelto por ellas. Así es que no hay un solo ejemplo de calentamiento y ventilacion por este sistema, que no haya producido quejas de las personas que más de cerca sufrian la accion de dichas corrientes. La sala del Senado francés en el Luxemburgo, el Parlamento inglés, la sala de sesiones del Instituto de Francia, suministran argumentos terribles contra el sistema de introduccion por el suelo, ó lo que es lo mismo, cerca de las personas. En muchos de estos casos, los individuos que tienen que sufrir la influencia de las corrientes tapan los orificios de introduccion, como sucede en el Parlamento inglés, donde muchos de sus miembros han colocado bajo los pies un tapiz impermeable, sobre los dos que ya tiene el entarimado, permeables al aire. Pero sin ir más lejos, el mismo Mr. Péclet se encarga de hacer la oposicion á su sistema cuando dice, hablando de la ventilacion de los teatros (en su *Traité de la chaleur* pág. 150, tomo 3.°, tercera edicion): «D'un autre côté, »les courans d'air chaud qui s'établissent à la sortie des orifices, dans »le parterre et dans les loges, sont en général désagréables, et les spec»tateurs préfèrent fermer ou boucher tous les orifices de ventilation.»

Orificios de evacuacion. Demostrada, en principio y de un modo general, no solo la conveniencia, sino la necesidad de colocar los orificios de introduccion del aire nuevo, frio ó caliente, lo más lejos posible de las personas, y por lo tanto hácia el techo de las salas, ya tenemos una razon en esto mismo, para decir, que los orificios de evacuacion deben colocarse hácia la parte baja de las mismas. En efecto, es un principio que no debe olvidarse nunca, si se quiere una ventilacion uniforme y regular en todas las partes de la sala, que los orificios de evacuacion no deben estar cerca de los de introduccion del aire. Si se obra contra

este principio, como desgraciadamente se ha hecho en muchos casos, entre otros en París en el hospital Necker y en el asilo Vésinet, sucederá que el aire pasa fácil y directamente de los orificios de introduccion á los de evacuacion, y el de la sala no se renueva bien, sobre todo cuando el aire nuevo es frio, como sucede en verano. En este último caso especialmente, el aire frio no tiene tendencia alguna á elevarse en la sala, y penetrando por los orificios de entrada colocados en el suelo, se corre por este para buscar los orificios de evacuacion, situados tambien en la parte inferior. Este sistema de colocar los conductos de evacuacion y de introduccion no es bueno, ni aun en el caso en que el aire introducido viene caliente, ó sea en invierno. Entonces el aire caliente, por su menor densidad, se eleva, viciándose, al envolver las personas, y este aire ya viciado se pone otra vez en contacto con las mismas para buscar la salida.

El principio racional que (además de lo dicho en el párrafo anterior) induce á colocar los orificios de evacuacion cerca del suelo, es *que estos orificios deben aspirar el aire viciado allí donde se vicia;* que no debe nunca hacerse que el aire ya viciado tenga que recorrer por la sala un trayecto en el cual envuelva á algunas personas; que debe circular por ella lo menos posible. Luego los orificios de evacuacion deben *colocarse lo más cerca posible de las personas*. A primera vista podria creerse que esta proximidad de los orificios, cerca de los cuales las corrientes se han de pronunciar de la misma manera que sucede cerca de los orificios de entrada, habia de tener los mismos inconvenientes que tenia la proximidad de estos últimos. Nada de esto. Si las corrientes de los orificios de introduccion son incómodas, es porque el aire que por ellos entra en las salas nunca llega á la temperatura de aquella atmósfera, temperatura á la cual están funcionando nuestros órganos y habituada nuestra piel. Así es que es un hecho constantemente comprobado, que incomoda la vecindad ó proximidad de un orificio de introduccion que da aire á una velocidad de medio metro por segundo, y no incomoda la proximidad de un orificio de evacuacion que lo aspira con la de un metro y aun algo más. El mal reside, más bien que en la velocidad del aire, en la diferencia de temperatura.

En el proyecto de Mr. Péclet para calentar y ventilar las escuelas públicas de instruccion primaria, proyecto realizado ó aplicado por la administracion francesa en muchas escuelas, no se han tenido presentes estos principios. En este sistema el aire sale por lo alto de uno ó dos caloríferos colocados en un extremo de la escuela, cerca del maestro: de modo que los orificios de introduccion están en lo alto de los caloríferos, á 1 metro próximamente del suelo. Los orificios de evacuacion están en el extremo opuesto de la sala, en la parte baja del muro del testero para el invierno y en la parte alta de dicho muro para el verano, de modo que alternan con la estacion. Resulta de esta viciosa disposicion de los conductos de introduccion y evacuacion del aire, que los primeros bancos tienen aire puro; pero viciado allí, ó sea en los que están próximos á los caloríferos, va pasando sucesivamente por los otros, y antes de entrar por los dos orificios de evacuacion, infesta los últimos en vez de sanearlos. Así resulta de los experimentos de Mr. Morin en algunas de esas escuelas. Lo mismo hemos hecho notar anteriormente tratando del número de los orificios de evacuacion.

Los ingenieros franceses Hamelincourt y Guerin han hecho proyectos de calentamiento y ventilacion de escuelas, que no tienen los inconvenientes del de Mr. Péclet, y que son muy preferibles á este último. Estos proyectos han visto la luz pública en los *Estudios sobre la ventilacion*, de Mr. Morin.

Seccion de los orificios de introduccion del aire nuevo y de evacuacion del aire viciado. No estando situados los orificios de introduccion en la proximidad de las personas, sino todo lo lejos posible de estas, es claro que pueden admitirse velocidades de entrada del aire nuevo por dichos orificios de un metro por segundo sin inconveniente, y aún mas si se tiene cuidado de dirigir las venas de aire hácia el techo, ó de manera que pierdan la velocidad adquirida antes de llegar á las personas. Este resultado se consigue fácilmente en la práctica sin necesidad de que las venas de aire choquen con un obstáculo sólido: basta que encuentren antes de llegar á las personas una masa de aire suficiente, en la cual ocasionan remolinos en todos sentidos, que hacen perder en poco trecho su fuerza viva á las venas gaseosas.

Respecto á los orificios de evacuacion, conviene que en ellos tenga el aire una velocidad notable, superior casi siempre á la de introduccion, entre otras razones por una sobre la cual no se ha fijado la atencion de los ingenieros, y que es, en nuestro juicio, de mucha importancia. Pasemos á exponerla, entrando forzosamente en algunos detalles, necesarios para que se comprenda toda su fuerza.

Nuestro cuerpo, lo mismo que en muchos casos la materia no organizada, está emitiendo contínuamente gases, vapores y miasmas orgánicos, que se mueven y reparten en el aire con un movimiento propio, con una velocidad propia, sin necesidad de ser transportados mecánicamente por el mismo gas. No es esto decir que no puedan ser trasportados ó arrastrados mecánicamente por el aire: lo son en efecto; pero independientemente de este movimiento no propio, ellos pueden moverse por la accion de un agente físico, que generalmente es el calor. Así, por ejemplo, las moléculas que desprende el alcanfor, el almizcle y tantos otros cuerpos sólidos ó líquidos á todas las temperaturas ordinarias y á todas las presiones, los olores, buenos ó malos, se trasmiten, se diseminan en una atmósfera completamente tranquila y en que haya una temperatura constante. Ahora bien, habiéndose visto anteriormente que el aire viciado que llena los conductos de evacuacion es un aire infestado, asfixiante y casi venenoso, aunque el de la sala aparezca puro y sin olor, dedúcese de aquí que el aire viciado debe tener en el orificio de evacuacion, y aun en el conducto que á este sigue, *una velocidad que impida que los miasmas, tratando de diseminarse en todos sentidos con su velocidad propia, retrocedan á la sala*. Tiempo hacia que abrigábamos esta idea, que aparte de otras consideraciones, nos explicaba la tendencia á aumentar la velocidad del aire viciado en los conductos de evacuacion que notamos en los ingenieros franceses que se dedican al estudio y aplicaciones del calentamiento y ventilacion de edificios; y hemos encontrado una comprobacion de nuestro juicio en el atento exámen del estudio notable hecho por los Sres. Boussingault, Leblanc y Péclet sobre la ventilacion y expulsion del olor de las celdas de la cárcel de Mazas, en París. En este estudio encontramos lo siguiente.

En una de las celdas de los encarcelados se encerró Mr. Leblanc, provisto de los aparatos necesarios para el estudio que se proponia. Todas las juntas de la puerta y de la ventana de la celdilla se calafatearon de modo que por ellas no entrase ni saliese aire. El aire para la ventilacion de la celda entraba por un orificio de introduccion único. El aire viciado salia por un tubo que arrancaba de la parte inferior de un vaso nocturno con excrementos, y salia fuera de la celda. Por este tubo se hacia la aspiracion del aire viciado. El vaso nocturno estaba cerrado con una tapadera provista de algunas aberturas. Esto supuesto, fácilmente se comprende que el aire nuevo penetraba en la sala por el único orificio de introduccion que habia, se viciaba en la celda, penetraba en el vaso nocturno por las aberturas de la tapadera, *descendia* en dicho vaso hasta cerca del fondo, y penetraba en el tubo de evacuacion, que lo conducia al exterior. La comision observa en su informe, que *estando colocada* la tapadera y produciéndose una renovacion de aire de 10 metros cúbicos por hora, se impedia la difusion del olor del vaso nocturno en la celda; pero la *misma renovacion* del aire era insuficiente para oponerse á la difusion de los olores *cuando la tapadera* se quitaba. La comision, fijándose en su principal objeto que era determinar el volúmen necesario por celda y por hora, no lo hizo lo bastante en este detalle para deducir consecuencias. Fijémonos nosotros, y observaremos que la diferencia de los resultados obtenidos respecto á la difusion de los olores, en el caso de tener el vaso nocturno puesta la tapadera, y en el caso de tenerla quitada, *no puede explicarse más* que por la mayor velocidad del aire en los agujeros de la tapadera en el primer caso. En efecto, los agujeros de la tapadera presentaban una superficie mucho menor que el vaso en su boca cuando estaba destapado: luego en el primer caso la velocidad del aire que se oponia á la trasmision del olor era mayor que en el segundo, en la relacion inversa de las áreas ó superficies libres que presentaba el vaso en su parte superior. En el primer caso, la velocidad del aire que marchaba en sentido contrario al que habian de seguir los miasmas para entrar en la celda, era suficiente para arrastrar á estos y anular su velocidad de trasmision propia; en el segundo no. A haberse fijado la subcomision sobre este detalle, fácilmente hubiera

podido deducir cuál era la *velocidad* mínima del aire que impedia la difusion de los olores en la celda.

Creemos haber demostrado con lo que precede, que la velocidad del aire viciado en los orificios y aun en los conductos de evacuacion no debe ser muy pequeña, si ha de impedirse que los miasmas no retrocedan en su camino, burlando en parte el principal objeto de la ventilacion. Dicha velocidad no debe bajar de 1 metro por segundo en los orificios de evacuacion: luego su seccion debe subordinarse á este dato. No hay por otra parte inconveniente en la práctica en que exceda notablemente este número, y de ello podríamos citar muchos ejemplos, si no nos lo impidieran los reducidos límites de este trabajo y el tiempo de que disponemos.

III.

CONDUCTOS DE INTRODUCCION Y DE EVACUACION.

Los conductos de introduccion del aire nuevo son, como ya hemos dicho, los que le conducen desde el exterior hasta los orificios de introduccion situados en las salas. Durante el invierno sucede siempre, en los grandes edificios calentados y ventilados, que el aire recorre estos conductos, una parte de ellos sin calentarse, y el resto despues de calentado; pero debe cuidarse, siempre que sea posible, de que tengan una seccion suficiente para dar el volúmen de aire necesario, no solo en invierno sino tambien en verano. Decimos esto, porque siempre sucede que el aire nuevo (por su temperatura) asciende por los conductos de introduccion más velozmente en invierno que en verano; y por lo tanto, conductos que dan el volúmen de aire suficiente en invierno, aparecen insuficientes en verano. Cuando en un edificio se presentase el último defecto, y no se pudiese aplicar el remedio directo, sería preciso recurrir en verano á orificios accidentales de introduccion, que pusieran las salas en comunicacion con el exterior. En el caso en que hay una inyeccion enérgica producida por un ventilador, no hay que temer estas diferencias en las estaciones, y si los conductos son su-

ficientes en invierno tambien lo serán en verano: la inyeccion es en este caso constante: al paso que en el anterior, como aquella suele anularse en verano quedando sola la aspiracion, pueden aparecer pequeñas en esta estacion las secciones de los conductos de introduccion en razon á que la velocidad del aire nuevo disminuye. La facultad de los ventiladores, de producir en todo tiempo una inyeccion de aire nuevo constante, es muy ventajosa.

Siempre que las condiciones de la construccion lo permitan, la seccion de los conductos de introduccion del aire nuevo podrá calcularse admitiendo que tenga en ellos una velocidad de medio metro por segundo. Partiendo de esta base, que se presta bien á todos los sistemas, del número de conductos que se hayan podido establecer en el proyecto, y del volúmen de aire que se haya creido prudente fijar, segun el local de que se trate y su aplicacion ó servicio, se calcula la seccion de cada conducto de introduccion. Los cálculos son tan fáciles, despues de lo dicho, que creemos podernos abstener de poner ejemplos por el momento; reservándonos el hacer aplicaciones para más adelante.

Cuando el edificio que se trata de calentar y ventilar tiene muchos pisos y el aire caliente debe ser introducido en todos ó algunos de ellos, es muy importante que cada piso sea servido por uno ó más conductos (segun la extension de las salas) independientes de los de otros pisos, porque tendiendo el aire á tomar velocidades diferentes segun las alturas, es preciso reservarnos el medio de hacer una distribucion con igualdad, y esta distribucion exije la independencia de los grandes conductos destinados á conducir el aire á cada piso, y además la colocacion de *registros* en todos ellos para regularizar el volúmen que pase por cada uno. Los conductos pequeños de introduccion, que toman su aire de los primeros, tambien deben estar provistos de *registros*, para igualar los volúmenes de aire dados por cada uno. Todos estos conductos, en efecto, tienden siempre á dar diversos volúmenes de aire, y á producir, por lo tanto, una ventilacion desigual, unas veces por diferencias de seccion, otras de longitud, otras por diferencias en el número de codos, otras por las de altura, y finalmente, por obstáculos imprevistos y accidentales que pueden disminuir la velo-

cidad de un conducto, como, por ejemplo, una simple telaraña. Para corregir todas las irregularidades que pueden provenir de tan diversas causas, al ingeniero no le queda más que un solo medio, los registros; del cual, sin embargo, no debe abusar, porque los registros obran siempre introduciendo una resistencia en los conductos, y al igualar los volúmenes de aire que deben dar estos, lo hacen siempre disminuyendo el volúmen total del aire en movimiento.

Conductos de evacuacion. En el caso más complicado que puede ocurrir en el calentamiento y ventilacion de edificios, que es aquel en que hay que ventilar y calentar locales situados en distintos pisos, los conductos de evacuacion, teniendo diferentes alturas, y llenos en invierno de aire caliente, obran (como verdaderas chimeneas) con distintas energías de aspiracion: porque sabido es que, teóricamente, la aspiracion que una chimenea produce es, en igualdad de las demás condiciones, sensiblemente proporcional á su altura. Esta circunstancia se nota sobre todo cuando la evacuacion del aire viciado se hace solamente en virtud de la aspiracion de los conductos de evacuacion, y tambien cuando hay además la *aspiracion por arriba,* variedad del sistema de aspiracion que daremos á conocer más adelante.

Prescindiendo de las irregularidades que por la causa referida tienden á establecerse en los conductos de evacuacion, hay además todas las producidas por las causas que acabamos de enumerar hablando de los conductos de introduccion del aire nuevo. Por estas razones, y para evitar las grandes variaciones en el volúmen del aire evacuado de los diferentes pisos, conviene que los conductos de evacuacion correspondientes á cada uno de ellos vayan separados de los de los otros pisos, al ménos en una longitud de cuatro ó cinco metros; pueden despues reunirse los conductos de evacuacion correspondientes á cada piso en uno solo, y luego los conductos finales de cada piso desembocar libremente en el conducto único ó chimenea general, destinada á servir unas veces de chimenea de aspiracion, otras simplemente á evacuar á cierta altura el aire viciado en la atmósfera. Sucede á veces que los conductos individuales de cada sala y cada piso llegan á reunirse en la chimenea final, y no antes. De todos modos no debe jamás olvidarse, al reunir en uno

solo dos conductos de aire, que es preciso evitar el choque de las venas ó corrientes gaseosas, y que estas no deben tocarse y encontrarse en el conducto único *mas que cuando llevan direcciones paralelas*. El choque de las corrientes produce siempre mal resultado, unas veces disminuyendo el volúmen que debian dar los dos conductos, y otras suprimiendo por completo el movimiento del aire en uno de los elementales que se reunieron. Fácilmente se evita por medio de lengüetas y diafragmas el mal efecto del choque de dos corrientes. Cuanto queda dicho sobre el choque de las corrientes, se aplica á todos los conductos por donde circulan flúidos.

La seccion de los conductos elementales, una vez conocido ó fijado el número de ellos y el volúmen de aire que por ellos debe salir, depende naturalmente de la velocidad que en ellos ha de tener el aire viciado. Esta no debe ser menor de un metro, por las consideraciones precedentemente expuestas, y puede llegar hasta metro y medio por segundo. Dar este dato es dar la seccion de los conductos, ó los límites entre los cuales puede oscilar esta seccion. La economía aconseja el límite inferior, porque en invierno, y en muchos sistemas, estos conductos obran como verdaderas chimeneas, como ya hemos dicho; y á igualdad de todas las demás condiciones ó circunstancias de altura y diferencia de temperaturas, sabido es que el tiro de las chimeneas aumenta con su seccion: la prudencia, basada sobre el temor que puede inspirar el retroceso á las salas del aire viciado, y la *velocidad propia de trasmision de los miasmas*, aconsejan no bajar de un metro.

Para correjir las pequeñas irregularidades de la evacuacion en los diferentes conductos individuales, todos ellos deberán estar provistos de sus correspondientes registros.

TOMA DEL AIRE EXTERIOR.

El aire necesario para la ventilacion se toma, segun el sistema de calentamiento y ventilacion que se emplee, por una sola abertura, como sucede en el hospital de Guy en Londres, en los pabellones de hom-

bres del hospital de Lariboisière en París y en muchos otros, ó por muchas aberturas situadas en los diferentes pisos, como en casi todos los proyectos de Mr. Leon Duvoir-Leblanc y de Mr. Hamelincourt. Cuando hay uno ó más caloríferos en un edificio, y el aire se ha de calentar en ellos para distribuirse luego por todo él, y tambien cuando se emplea la inyeccion mecánica, las tomas de aire son en reducidísimo número, una, dos, tres, pocas veces mas. Cuando las salas de un edificio tienen dentro de ellas las estufas, ó sean los aparatos destinados á calentar el aire, las tomas de aire se multiplican considerablemente, porque suele haber una ó dos para cada estufa. Esto mismo sucede con el sistema de Mr. Hamelincourt, que á su tiempo describiremos. Cuando las tomas de aire son únicas, como sucede en el hospital de Guy ya citado, y en los pabellones de hombres de Lariboisière, el aire puede tomarse, si se quiere, de una grande altura por medio de una chimenea especial, ó de un campanario ya construido. Por este último medio se toma en los dos hospitales dichos. Algunas veces hay una toma de aire única, y sin embargo, se ha hecho al nivel del suelo, y aun en las cuevas mismas del edificio. Cuando las tomas de aire son múltiples, estas se hacen para cada piso á la altura del suelo ó del techo.

Se ha ponderado extraordinariamente la ventaja que puede resultar de tomar el aire á una gran altura en la atmósfera para la ventilacion. No solamente se ha dicho que haciéndolo así se tiene un aire más puro y más sano por lo tanto, lo cual puede ser en efecto verdad en algunos casos, sino que se ha asegurado que de este modo se tenia un aire mucho más fresco que tomándolo al nivel del suelo. Personas muy competentes han aceptado la última afirmacion como incuestionable, y entre estas Mr. Péclet, el cual asegura (1) que en verano la diferencia de temperatura entre el aire en lo alto del campanario de Lariboisière y la del aire ambiente al pié, era por lo ménos de 4 grados centígrados; y que la temperatura de las salas ventiladas con el aire tomado de lo alto del campanario y por el interior de este, era en verano inferior á la temperatura de las otras que tomaban el aire á la altura de los pisos.

(1) *Traité de la chaleur*, tom. III, tercera edicion, pág. 275.

Si la afirmacion de Mr. Péclet fuese cierta, habria en efecto ventaja en muchas partes, y sobre todo en España, en tomar el aire *en verano* á una grande altura; pero no lo es. Los experimentos de Mr. Becquerel, y los de Mr. Morin, Mr. Trélat y Mr. Péligot, hechos los de los tres últimos observadores en el mismo sitio á que se refiere la asercion de Mr. Péclet, prueban que no existe tal diferencia de temperaturas; claro está que no existiendo esta diferencia, tampoco la hay entre las salas que tomen el aire de un modo y de otro, como en efecto acredita la experiencia. Mr. Péclet insiste mucho sobre la inmensa ventaja de tomar el aire á una grande altura, ventaja que concede exclusivamente al sistema de la inyeccion mecánica (*Traité de la chaleur*, t. III, 3.ª edicion, pág. 275, párrafo 2.535), siendo así que pertenece lo mismo al sistema de la aspiracion por el calor; sirva de ejemplo el hospital de Guy, en Lóndres, que toma el aire nuevo á 29 metros del suelo y lo hace descender á los caloríferos de las cuevas, todo en virtud de la aspiracion producida por el calor. Para hacer resaltar más la ventaja de tomar el aire en verano á una temperatura inferior en 4 grados á la del ambiente al nivel de las salas, Mr. Péclet se entretiene en cálculos ociosos, porque se fundan en un dato falso, sobre la cantidad de nieve ó hielo que exigiria el bajar de 4 grados en verano la temperatura del aire de ventilacion, gasto que se supone que se economizaria tomando el aire en lo alto del campanario de Lariboisière. Ya hemos visto que nada de esto es posible, y que todo cae por su base desde el momento en que no hay ninguna diferencia de temperaturas entre el aire en lo alto del campanario y á la altura de todos los pisos del hospital.

Respecto á la pureza y salubridad consiguiente del aire, es evidente que si el local que se trata de ventilar está rodeado de otros edificios poco salubres, y de calles estrechas, más sano y puro será tomarlo á una altura que domine al edificio en cuestion y á sus inmediatos, pero no tratándose de estas circunstancias especiales, creemos que no hay inconveniente alguno en no tomarlo á grande altura, y lo habria al contrario grave en imponerse una condicion que en muchos casos sería incompatible con el sistema de calentamiento y ventilacion que se creyese conveniente emplear, y que en otros exigiria la construccion de

una chimenea costosa. En nuestro juicio, esta cuestion no tiene la importancia que se le ha dado, y el detalle de la toma de aire, rara vez podrá coartar la libertad de accion del ingeniero ó del arquitecto.

EVACUACION DEL AIRE VICIADO EN LA ATMÓSFERA.

Hemos visto que en último resultado, los conductos de evacuacion dirigian finalmente su aire á una chimenea que alguna vez era, además de evacuacion, de aspiracion. Respecto á esta chimenea final diremos: que debe tener una altura superior, no solamente al edificio á quien sirve, sino á los inmediatos, á fin de no enviar á estos corrientes de aire viciado, que pudieran ser rebatidas sobre ellos por los vientos; que la boca de dicha chimenea debe protejerse contra la accion de los vientos y la lluvia, por medio de los aparatos ó apéndices sencillos descritos en muchas partes, y por demás conocidos.

Además, la seccion de chimenea ha de calcularse en la hipótesis de una velocidad de dos á tres metros por segundo para el aire viciado en su interior. Su seccion será por lo tanto menor que la suma de las secciones de los orificios de evacuacion. Conocido el volúmen que ha de salir por ella y fijada la velocidad, fácil será conocer la seccion, dividiendo el volúmen evacuado por segundo, por la velocidad. Queda luego la necesidad de establecer en la chimenea una diferencia de temperaturas tal, que unida á la altura ya fijada, produzca ó enjendre la velocidad que queremos de dos á tres metros por segundo. Si los datos fuesen tales, que la diferencia natural de temperaturas en invierno entre el aire viciado y el exterior no enjendrase la velocidad que queremos, habria que recurrir, aun en esta estacion, á un calentamiento artificial del aire viciado en la chimenea. En verano este calentamiento artificial es aún más necesario. En la mayor parte de los edificios públicos de Francia calentados y ventilados, la diferencia de temperatura entre el aire viciado de la chimenea (cuando esta es de aspiracion) y el aire exterior es de 20 á 25 grados centígrados.

Al fijar en dos á tres metros la velocidad en el aire viciado en la chi-

menea de evacuacion, los ingenieros que se ocupan en el calentamiento y la ventilacion tratan de huir de dos escollos. La economía aconseja establecer una pequeña velocidad, y por lo tanto gran seccion. El temor de ver perturbada la aspiracion de la chimenea por la accion de los vientos, aconseja lo contrario. De aquí el término medio aceptado por todos, y dado por regla. Algunos, por razon de economía, establecen una velocidad de 2 metros en la chimenea, y luego estrechan la boca de esta, de modo que la velocidad de salida sea de tres metros.

CAPITULO II.

De la potencia de los aparatos de calentamiento ó de caldeo.

Ya sea que los aparatos de calentamiento estén colocados dentro de las mismas salas que han de calentarse, ya que lo estén fuera y ejerzan su efecto calentando el aire exterior que debe ser introducido en las salas, es necesario siempre, al estudiar un proyecto, calcular la cantidad de calor que se necesita por hora para sostener las salas á una temperatura constante y dada, y calcular en consecuencia la potencia de los aparatos de calentamiento.

El cálculo de la potencia de los aparatos de calentamiento depende de cuatro cuestiones que vamos á estudiar á continuacion, y que son las siguientes:

Primera: El volúmen de aire frio que ha de calentarse por hora.

Segunda: La diferencia entre la temperatura del aire exterior y la temperatura constante que se quiere sostener en las salas.

Tercera: La pérdida de calor por hora que experimenta el edificio ó las salas calentadas, por los muros exteriores y los vidrios de las ventanas.

Cuarta: El calor sensible desprendido por las personas y las luces en las salas que se han de calentar.

I.

DEL VOLÚMEN DE AIRE QUE DEBE CALENTARSE POR HORA, Ó EN GENERAL, DEL VOLÚMEN DE AIRE NUEVO NECESARIO PARA UNA BUENA VENTILACION.

Las investigaciones puramente teóricas que varios sabios han hecho para averiguar el volúmen de aire que un hombre vicia por hora, ya sea fundándose sobre la proporcion de ácido carbónico producido en la respiracion, ya buscando el volúmen de aire necesario para disolver el vapor de agua emitido, no pueden tener una verdadera aplicacion práctica al problema del calentamiento y ventilacion de los lugares habitados. Las emanaciones del cuerpo humano, los miasmas orgánicos impalpables que tan poderosamente se denuncian al olfato, escapan completamente á los más sensibles reactivos de la química. Y estos miasmas son precisamente la causa más poderosa de insalubridad: y la ventilacion de un local cualquiera no será completa cuando en él exista la proporcion de ácido carbónico que tiene el aire puro, ni cuando su estado higrométrico sea el conveniente, sino cuando, *además* de todo esto, el olfato no perciba olor alguno. Si consultamos la historia del calentamiento y ventilacion de los edificios habitados, en Francia y en Inglaterra, observaremos que la proporcion de aire que en cada uno se asignó como necesaria á cada persona por hora, ha ido constantemente creciendo. La experiencia ha acreditado que la ventilacion que en un principio se creyó suficiente, no lo es.

La proporcion de aire que cada persona necesita para no hacer insalubre la atmósfera del local que ocupa, depende tambien en gran parte del estado de salud ó de enfermedad en que se halle, y en este último caso, de la naturaleza de su afeccion. Todo el mundo sabe y conoce el nauseabundo olor que se desprende de las heridas, de ciertas llagas, de determinadas afecciones cutáneas. Entre las salas de un hospital, la de cirujía necesita, en igualdad de enfermos, casi doble ven-

tilacion que las otras, y cuatro ó seis veces más que la misma sala con personas en igual número, pero en buen estado de salud.

Háse observado tambien, y esta es una circunstancia sobre la cual no se ha llamado aún la atencion de las personas competentes, que los miasmas de todo género que del cuerpo humano se desprenden, si la ventilacion no es suficiente, impregnan los muebles, las telas, los muros mismos del local, y los impregnan con una notable persistencia, de tal modo que es preciso muchos dias de una buena ventilacion para hacer desaparecer el olor. Cuando estos miasmas provienen de enfermos, y sobre todo de enfermos atacados de enfermedades contagiosas, la ventilacion debe ser no solo enérgica, sino constante y sostenida, para evitar el mal que hemos señalado. Cuando los edificios están habitados por personas sanas puede haber más libertad respecto á la constancia y energía de la ventilacion. Estos edificios no deben ventilarse más que mientras contienen las personas que en ellos se reunen. Una sala de enfermos convalecientes debe ventilarse aun cuando salgan de ella los enfermos, si bien la ventilacion puede reducirse en este caso á la natural, que se obtiene abriendo todas las ventanas. En el caso, por desgracia frecuente, de que la sala del hospital tenga corto número de ellas, y que estas sean pequeñas, y situadas sobre un solo lado de la sala, será preciso continuar la ventilacion artificial despues de la salida de los enfermos, para airear las camas, frecuentemente impregnadas de malos olores.

Hay ciertos edificios, como las iglesias, que conteniendo un gran volúmen de aire, de ordinario pueden pasarse con la ventilacion natural, producida por la abertura frecuente de las puertas y los muchos orificios naturales que presentan las bóvedas y ventanas. Solo en ciertos dias de solemnidades religiosas, en que la aglomeracion de la gente es mucha y grande el número de luces, se recurre á la ventilacion artificial, la cual es aún mas necesaria, si á las circunstancias dichas se reune una elevada temperatura exterior, que puede hacerse sofocante dentro de la iglesia.

Mr. Morin, que se ha dedicado en estos últimos años, con mucho fruto para el ramo de la física en que nos ocupamos, en reunir, compa-

rar y discutir numerosos datos de ventilacion, establece de este modo las cantidades de aire necesarias por individuo y por hora en las diferentes clases de edificios ó locales.

Hospitales.....	Enfermedades ordinarias..	70 metros cúbicos.
	Heridos y parturientas....	80 á 100
	En tiempo de epidemia...	150
Cárceles y presidios.....		50
Talleres ordinarios.....		60
insalubres.....		100
Cuarteles.	(Durante el dia.).....	30
	(Durante la noche.).....	40 á 50
Teatros.....		40 á 50
Salas de sesiones...	(Si las sesiones son largas.).....	60
Escuelas de niños.....		15 á 20
de adultos.....		30 á 40

II.

DE LA DIFERENCIA ENTRE LA TEMPERATURA DEL AIRE EXTERIOR Y LA TEMPERATURA CONSTANTE QUE SE QUIERE SOSTENER EN LAS SALAS.

No puede establecerse con conocimiento de causa un sistema de calentamiento, sin saber préviamente las temperaturas medias de los diferentes meses del año en la localidad de que se trate, y la temperatura que quiere sostenerse en las salas calentadas. En todo proyecto de calentamiento y ventilacion de un edificio, es preciso proporcionar los aparatos al efecto que deben producir. Para establecer esta proporcio-

nalidad, para saber determinar *à priori* el gasto de combustible necesario al calentamiento, sea cualquiera el sistema que se siga, es indispensable el conocimiento de las temperaturas citadas. Aparatos de calentamiento y cálculos aplicables á un edificio en París, no lo serian igualmente en Barcelona y Valencia. Lo mismo podemos decir de muchas provincias de España, de climas muy diferentes. No solo el calentamiento, sino tambien la ventilacion se encuentra ligada á las temperaturas interior y exterior, principalmente durante el invierno. La ventilacion, cuando hay calentamiento, esto es en invierno, costará en general menos que en verano, aun cuando tenga la misma energía en ambas estaciones. En efecto, cuando la ventilacion se ejerce por la aspiracion producida por el calor, á igualdad de todas las demás condiciones, sabemos que el tiro depende de la diferencia de temperaturas entre el aire de la chimenea y el *aire exterior;* de modo que para que el tiro, ó sea la ventilacion en este caso, sea constante é igual en invierno y verano, basta con hacer que *dicha diferencia de temperaturas sea constante* en todas estaciones. Pero en invierno el aire viciado llega á la chimenea á una temperatura notablemente mas elevada que el exterior, por haber sido calentado artificialmente: tenemos por lo tanto en invierno una notable economía en el calentamiento del aire viciado en la chimenea de aspiracion, economía que corresponde exactamente al exceso de temperatura que sobre el aire exterior tiene ya el viciado. Cuanto acabamos de decir puede comprobarse experimentalmente, observando el consumo de combustible en veinticuatro horas en invierno y en verano, en aquellos edificios calentados y ventilados, en que se obtiene una ventilacion en invierno igual á la de verano, y en que la ventilacion se produce por chimeneas de aspiracion.

TEMPERATURA INTERIOR.

La temperatura que conviene establecer en el interior de las salas calentadas depende:

1.° Del estado de salud de los individuos, y de su edad.

2.° Del clima del pais.

3.° De la energía de la ventilacion.

Respecto al primer punto, nos contentaremos con observar que los edificios destinados á hospitales, así como los que sirven de casas de asilo ó de beneficencia para albergar la ancianidad, deben tener una temperatura dos ó tres grados mas elevada que los demás locales. En el mismo caso se encuentran las salas de inclusa, donde se albergan reciennacidos ó niños de pocos meses.

Respecto al segundo, diremos que la temperatura que en un clima templado en invierno, como son los de Barcelona, Valencia, Cádiz, Alicante, Málaga, se encuentra agradable por sus habitantes en los sitios calentados, parece demasiado alta, en igualdad de condiciones, á los habitantes de paises frios, como lo son por ejemplo (dentro de España) las provincias de Madrid, Toledo, Palencia y Leon.

Relativamente al tercero diremos que, en igualdad de todas las demás condiciones, cuanto mas enérgica es la ventilacion, tanto mas alta debe ser la temperatura de las salas calentadas. Una sala calentada á 15° y no ventilada, produce sobre nuestros órganos una impresion de calor igual á otra bien ventilada, y donde el termómetro marca 3° ó 4° más. La causa de este fenómeno es bien fácil de comprender; es la misma que nos hace parecer muy frio el tiempo si hace viento y una temperatura de 12° á 14°, cuando sin viento y con una temperatura igual encontramos templada y agradable la atmósfera exterior. El aire que encuentra nuestra piel con una temperatura mas baja que la de esta y que se renueva rápidamente, nos quita calor, y nos hace la misma impresion de frio que una baja en la temperatura de dicho aire sin la renovacion rápida de este. La traspiracion cutánea se encuentra tambien mas favorecida con la renovacion del aire.

Hemos considerado aquí la cuestion de la temperatura interior bajo el punto de vista de la impresion que produce sobre nuestros órganos segun la edad y el estado de salud, segun el clima, segun la ventilacion; pero sobre todo cuanto acabamos de decir está la opinion de los médicos, en todos aquellos casos en que hay que consultar no solo al sentimiento particular de los interesados, sino á la ciencia médica. Tal es, por

ejemplo, el caso de las salas de afecciones internas, y sobre todo del pecho, en los hospitales, y en general todas ellas. Hemos observado que por lo comun los médicos prefieren en los hospitales una temperatura de 17° á una de 15°.

Segun los casos y condiciones que acabamos de reseñar, la temperatura de los lugares habitados debe variar desde 16° á 20° centígrados. El término medio es 18°.

TEMPERATURA EXTERIOR.

Desde que la temperatura media del mes llega á ser de 15° próximamente á 14°, empieza á hacerse sentir en nuestro pais, y en la mayor parte de los casos, la conveniencia del calentamiento. Los meses de calentamiento en cada pais serán, pues, aquellos en que la temperatura media oscile bajo dichos números. Esto no obsta para que se anticipe la época del calentamiento, ó se retrase, ó se suspenda este una vez empezado, segun lo exija el tiempo; pero es conveniente, al estudiar un proyecto de calentamiento de un edificio, conocer la extension media de la época de calentamiento, para basar sobre este dato los cálculos del combustible anual necesario.

Conocida la época media del calentamiento, ó sea el número de dias del año en que la temperatura media es inferior á 15°, hallaremos la temperatura media de dicha época.

DIFERENCIA MEDIA DE TEMPERATURAS QUE DEBE SERVIR DE BASE Á LOS CÁLCULOS DE LA POTENCIA DE LOS APARATOS DE CALENTAMIENTO.

Los ingenieros y constructores franceses parten de la diferencia entre la temperatura media de la época de calentamiento y la temperatura que se quiere tener en las salas, ó sea la temperatura interior. Nosotros aconsejamos, sin embargo, tomar como base de los cálculos la diferencia entre la temperatura media del mes de enero y la interior. La razon de

ello es lo que hemos visto por nosotros mismos: hemos encontrado muchos datos en los libros, y en el mismo tratado del calor de Mr. Péclet, que prueban que la mayor parte de los aparatos se han encontrado insuficientes para producir la temperatura interior que se queria, aun forzándolos, durante los dias mas frios: hemos oido á ingenieros franceses muy experimentados en este ramo asegurar lo mismo. Por esto proponemos como regla para el cálculo de la potencia de los aparatos de calentamiento, partir de la temperatura media del mes de enero. A primera vista podria parecer que los aparatos deberian calcularse partiendo de la temperatura *mínima*, que puede ser de 8° á 10° mas baja que la media; ó lo que es lo mismo, que deberian calcularse para el caso en que han de producir el mayor calor, ó sea su máximum de efecto. De ningun modo es así. Si así lo hiciéramos; si el calorífero de aire caliente, ó la caldera de agua caliente, ó el generador de vapor se calculase de ese modo, daríamos al calorífero, á la caldera, al generador una superficie de caldeo enorme; y cuando la temperatura subiese sobre la media del mes de enero ó sobre la media de la época total del calentamiento, se gastaria ménos combustible, los productos de la combustion se enfriarian casi completamente antes de haber recorrido toda la superficie de caldeo, el tiro no podria hacerse, la rejilla apareceria extraordinariamente grande para el poco combustible que se necesitaba, este arderia en malas condiciones, atravesaria mucho aire el hogar inútilmente si llegaba por fin á establecerse el tiro. Además de todo esto habria un exceso perjudicial de gasto en el establecimiento de los aparatos.

Al contrario, dando á los aparatos dimensiones correspondientes al gasto medio de combustible, estos son aptos para funcionar sin graves inconvenientes con las temperaturas mínimas del exterior, y con las temperaturas máximas de la época del calentamiento. Durante las temperaturas mínimas dichas, se gasta más combustible que el calculado como medio; las superficies de caldeo del calorífero de aire se calientan más, y las de la caldera y el generador lo mismo; trasmiten más calorías; producen más efecto; los productos de la combustion entran en la chimenea á mayor temperatura. Durante las temperaturas máximas de la época del calentamiento, sucede todo lo contrario. Los aparatos

construidos para temperaturas igualmente distantes de las primeras que de las segundas, pueden alcanzar hasta ambas, cosa que no sucedería calculándolos en una hipótesis extrema.

A continuacion damos la tabla de las temperaturas medias, máximas y mínimas de los meses del año en Barcelona, que es el punto donde se ha escrito el presente trabajo. Esta tabla se refiere á los tres años de 1864, 65 y 66, y de ella se puede formar otra que contenga las medias mensuales para este trienio.

TEMPERATURAS.

	1864.			1865.			1866.		
	Media.	Máxima.	Mínima.	Media.	Máxima.	Mínima.	Media.	Máxima	Mínima.
Enero.....	8,7	15,5	—0,8	10,6	18,5	4,0	10,1	14,5	6,2
Febrero.....	8,4	12,9	3,4	10,1	16,0	2,5	12,6	18,8	7,5
Marzo.....	12,9	17,5	7,2	12,0	15,0	2,0	11,9	16,6	5,0
Abril.....	15,0	20.2	10,0	14,6	21,7	7,5	15,2	20,5	9,0
Mayo.....	19,9	24,0	14,0	19,2	26,0	14,5	18,5	26,4	14,0
Junio.....	21,9	24,2	19,5	23,9	28,7	20,2	22,3	28,0	15,2
Julio.....	24,6	27,0	22,5	25,0	29,8	20,0	25,2	30,4	20,0
Agosto.....	25,7	28,6	21,1	25,6	31,5	17,2	25,0	30,0	20,5
Setiembre...	22,3	25,4	18,9	23,8	30,2	18,0	22,2	28,2	14,5
Octubre.....	17,8	22,1	14,8	19,1	23,5	13,2	18,1	22,3	11,5
Noviembre...	13,3	18,1	9,4	14,0	20,0	10,0	14,5	20,3	7,5
Diciembre. .	9,7	12,0	5,5	10,1	15,5	4,0	12,1	20,0	4,8

III.

DE LA PÉRDIDA DE CALOR QUE POR LOS MUROS Y LOS VIDRIOS EXPERIMENTAN LAS SALAS CALENTADAS.

El estudio de la pérdida de calor que sufren las salas ó locales calentados, es una aplicacion sencilla del de la trasmision del calor al través de los cuerpos malos conductores. Esta parte de la Física ha recibido un notable impulso con los trabajos de Mr. Péclet; pero siendo esta cuestion ajena á nuestro propósito en el presente escrito, que es más bien de reunir y condensar los datos necesarios á ingenieros y arquitectos para resolver los problemas generales de calentamiento y ventilacion de edificios, nos contentaremos con dar á continuacion las tablas siguientes de Mr. Péclet, que contienen las calorías perdidas por metro cuadrado y por hora de muros exteriores ó de vidrios, para una diferencia de temperatura de 1 grado entre el aire de las salas y el aire exterior. Estos números, calculados en una hipótesis favorable al enfriamiento, son superiores á las pérdidas reales de calor, y pueden por lo tanto emplearse con completa confianza.

Tabla de las calorías ó unidades de calor perdidas por metro cuadrado y por hora por los muros exteriores de las salas calentadas, para una diferencia de temperaturas de un grado entre el aire interior y el exterior.

Espesor de los muros	0m,1	0m,2	0m,3	0m,4	0m,5	0m,6	0m,7	0m,8	0m,9	1m,0
Calorías perdidas.....	2,82	2,47	2,20	1,98	1,80	1,66	1,53	1,42	1,33	1,24

Tabla de las calorías ó unidades de calor perdidas por metro cuadrado y por hora por los vidrios ó ventanas exteriores de las salas calentadas, para una diferencia de temperaturas de un grado entre el aire interior y el exterior.

Altura de tas ventanas, ó de la superficie total de vidrios.....	1m	2m	3m	4m	5m
Calorías perdidas por metro cuadrado por hora.....	2,65	2,56	2,52	2,49	2,47

Respecto á la primera tabla observaremos, que una vez fijada, como hemos dicho, la diferencia de temperaturas entre la media del mes de enero y la temperatura interior de las salas, diferencia que ha de servir de base á los cálculos de la potencia de los aparatos, no hay más que multiplicar los números de la tabla por dicha diferencia de temperaturas, para tener las cantidades de calor perdidas por metro cuadrado y por hora por la superficie exterior de los muros.

Respecto á la segunda diremos, que habiendo poca diferencia entre las calorías perdidas por ventanas de diferentes alturas (en igualdad de las demás condiciones), podemos en la práctica tomar el número 2,5 como bueno para representar la pérdida de calor por metro cuadrado de vidrio y por hora, por término medio, para una diferencia de temperaturas de 1 grado, y para todas las ventanas. Este número se debe multiplicar por la diferencia entre las temperaturas interior y exterior, para tener la cantidad real de calor perdida por metro cuadrado de ventana y por hora.

IV.

CALOR DESPRENDIDO POR LAS PERSONAS Y LAS LUCES EN LAS SALAS QUE SE HAN DE CALENTAR.

En el pulmon del hombre se verifica una verdadera combustion de carbono y de hidrógeno, este último en muy pequeña cantidad. El oxígeno del aire inspirado es el que alimenta esta combustion, y el calor que esta desarrolla es el que sostiene nuestro cuerpo á 38 grados y el que está continuamente compensando el que perdemos en la atmósfera. Además del vapor de agua que se ha formado en el interior de su cuerpo, el hombre reduce á vapor una parte de la que con la bebida y los alimentos introduce en el estómago. El calor latente que se lleva el vapor de agua formado, debe descontarse del total producido, para tener el calor *sensible* emitido por una persona, que es el único que se emplea en calentar el aire que la rodea. Aceptando nosotros el número dado por Mr. Péclet, y no el que acepta Mr. Morin, diremos que una persona emite, al estado de calor sensible, 42 calorías por hora.

Este número es seguramente menor que el verdadero, y muchísimo menor que el que sigue Mr. Morin (120 calorías) (*Etudes sur la ventilation*, tomo II, pág. 302); pero creemos prudente aceptar el primero para los cálculos relativos á edificios donde la aglomeracion de personas no es muy grande, y tomar para este último caso 52 calorías por persona y por hora.

La potencia calorífica del gas del alumbrado es por término medio de 11.000 calorías, y su densidad media es de 0,5 comparada con la del aire. Las potencias caloríficas de la estearina, de la cera y del aceite de oliva, se pueden representar aproximadamente por el número 10.500. Con estos datos nos es fácil averiguar las calorías emitidas cada hora por los diferentes aparatos de alumbrado, ó luces. Un metro cúbico de gas, que pesa medio kilógramo próximamente, da 5.500 calorías. Un mechero Bengel de porcelana de 30 agujeros, consume 100 litros de

gas por hora para producir la intensidad de la lámpara Cárcel con el gas que se expende en Barcelona por ambas fábricas. El consumo medio de los demás mecheros, tanto los de hendidura como los Manchester, viene á ser de los mismos 100 litros. Cien litros de gas producirán por lo tanto $\frac{5.500}{10} = 550$ calorías. Este será, por término medio, el calor dado por una luz de gas y por hora. Si los mecheros fuesen mecheros-bujías, que son notablemente más pequeños que los de 100 litros, ó mecheros grandes del número 4 ó del 5, conviene basar el cálculo sobre el consumo real de gas que hagan las luces. En la mayor parte de los casos se puede admitir como una aproximacion suficiente, que cada luz de gas emite por hora 150 calorías.

Una lámpara Cárcel consume por hora 72 gramos de aceite de oliva; y como cada kilógramo de aceite emite por su combustion completa 10.500 calorías, la lámpara emitirá por hora $0{,}042 \times 10.500 = 441$ calorías.

Una bujía ordinaria de estearina ó de cera consume por hora 10 gramos de esta materia; y como cada kilógramo emite por su combustion completa 10.500 calorías, una luz de este género emitirá $0{,}010 \times 10.500 = 105$ calorías.

Reuniendo los números encontrados formamos la tabla siguiente del calor emitido por las personas y por las luces en cada hora.

CALORIAS EMITIDAS POR HORA.

Una persona.	42	calorías.
Una luz de gas.....	550	»
Una luz de cera.....	105	»
Una bujía ordinaria de estearina...	105	»
Una lámpara de aceite.....	441	»

CAPITULO III.

Descripcion de los sistemas de calentamiento y ventilacion empleados en los edificios habitados.

I.

CLASIFICACION.

En el presente estudio no nos ocuparemos del calentamiento de los diferentes locales de un edificio por medio de los braseros, sistema que, aunque el más económico de todos, solo se usa para pequeños locales aislados, y aun de estos deberia ser proscrito, si se consultase la higiene. Creemos preferible no calentar un local y sufrir la molestia del frio, á calentarlo con un brasero que tiene por resultado inmediato mezclar con el aire del local, no solamente el ácido carbónico sino aun el óxido de carbono, gas eminentemente venenoso. Este es el inconveniente principal de los braseros, pero no es el solo. La influencia del óxido de carbono, cuando está en el aire en cortísimas dósis, se hace sentir por dolores de cabeza, pesadez general y náuseas. En proporciones mayores, pero que son bien mínimas, produce rápidamente la muerte. Fortuna de los que emplean tal sistema de calentamiento es que las puertas y ventanas de sus habitaciones ajusten mal, circunstancia general de todas las construcciones en nuestro país; á no ser por ello, el número de accidentes desgraciados producidos por los braseros sería considerable.

El calentamiento por medio de chimeneas ordinarias, llamadas *á la francesa*, no tiene los inconvenientes del brasero; al contrario, la chimenea francesa, alimentándose con el aire del local en que se encuentra, produce una poderosa ventilacion, que no baja de 300 á 500 me-

tros cúbicos de aire por hora. El principal inconveniente de este sistema de calentamiento estriba en lo costoso que es. Para convencerse de ello no hay más que considerar que solo se aprovecha una parte del calor radiado por el combustible, y este calor radiado es ya una fraccion, á veces pequeña, del calor total que aquel desarrolla. Unese á este inconveniente la falta de uniformidad en el calentamiento del local, y las corrientes de aire frio que necesariamente han de venir de otros locales en comunicacion con el primero, ó del exterior. Aun cuando este último mal pueda atenuarse cuando se dispone un proyecto bien combinado de calentamiento por chimeneas, y se colocan convenientemente las aberturas de introduccion del aire nuevo, siempre será un sistema de calentamiento caro. En algunos paises esto no es un obstáculo muy grave, por ser muy barato el combustible, como en Inglaterra: en el nuestro constituye un motivo bastante poderoso para que por ahora, y si se consulta la economía, no pueda echarse mano de este sistema, cuyo uso se apoya en una razon de lujo y de moda. Por esto nosotros no lo hemos creido bastante importante para ser estudiado en el presente trabajo, con tanto más motivo, cuanto que necesitábamos el tiempo y el espacio para otros sistemas más importantes.

Separados los dos sistemas de calentamiento referidos del objeto de nuestro estudio en el presente trabajo, quedan los tres sistemas siguientes.

Primero. Calentamiento por caloríferos de aire caliente.

Segundo. Calentamiento por el vapor solo ó en combinacion con el agua.

Tercero. Calentamiento por circulacion de agua caliente.

Estos tres sistemas pueden subdividirse en varios, atendiendo á las disposiciones particulares de que se han servido los constructores é ingenieros al hacer la aplicacion de un mismo principio. Además, cada sistema de calentamiento se ha combinado en la práctica con aquel sistema de ventilacion que mejor se armonizaba con el primero, y de aquí han resultado siete sistemas principales de calentamiento y ventilacion, que pueden reconocerse en muchísimos grandes edificios de Francia é Inglaterra, y que se han estudiado y comparado muchas veces

con inteligencia, pero no pocas con pasion, ó con negligencia ó incompletamente.

Estos siete sistemas son:

Primero...	Calentamiento.	Por caloríferos interiores de aire caliente.
	Ventilacion. ...	Por chimeneas de aspiracion por abajo.
Segundo.....	Calentamiento.	Por caloríferos exteriores de aire caliente.
	Ventilacion....	Por chimeneas de aspiracion por abajo.
Tercero.....	Calentamiento.	Por caloríferos exteriores de agua caliente.
	Ventilacion....	Por chimeneas de aspiracion por abajo.
Cuarto.....	Calentamiento.	Por caloríferos de vapor exteriores.
	Ventilacion....	Por chimeneas de aspiracion por abajo.
Quinto.....	Calentamiento.	Por tubos ó estufas de vapor solo, ó de agua calentada por el vapor, colocados en los mismos locales que han de ser calentados.
	Ventilacion....	Mecánica.
Sexto. (De Mr. Duvoir-Leblanc.).....	Calentamiento.	Por la circulacion de agua caliente en tubos ó estufas colocados en los mismos locales que han de ser calentados.
	Ventilacion....	Por chimeneas de aspiracion por arriba.
Séptimo. (De Mr. Hamelincourt.)...	Calentamiento.	Por la circulacion de agua caliente en tubos colocados dentro de los muros.
	Ventilacion...	Por aspiracion á nivel.

Del cuarto sistema no nos ocuparemos especialmente, porque sería inútil el hacerlo, toda vez que cuanto dijéramos de él puede deducirlo el lector del estudio de los demás, y no haríamos más que repetir lo ya dicho. Si lo colocamos en la clasificacion anterior, es para que esta sea completa y satisfaga á la ley y consideraciones prácticas que nos habíamos propuesto.

Vamos, pues, á proceder á la descripcion detallada de los seis sistemas restantes de calentamiento y ventilacion.

Para ello elegiremos como tipo el calentamiento y la ventilacion de un hospital militar en Barcelona ó Valencia, que sea capaz para 144 enfermos repartidos en seis salas, que tenga tres pisos, el bajo, el primero y el segundo. La eleccion de este tipo de edificios está basada en que un hospital no solamente es el edificio que más imperiosamente reclama la ventilacion y el calentamiento, sino en que es al mismo tiempo el edificio que mayor uniformidad requiere en ambas funciones. El tener el edificio tres locales superpuestos que calentar es una razon que, aumentando las dificultades para la solucion del problema que se busca, indica la conveniencia de adoptarlo como tipo, porque fácilmente se desciende del caso más general ó complicado á otro más sencillo y particular.

Por otra parte, convenia mucho al objeto de esta Memoria el tomar para la descripcion general un mismo edificio calentado y ventilado por todos los sistemas, porque de este modo se facilita, allana y prepara el camino para las comparaciones.

Las *figuras* 63, 64 *y* 65 indican al lector las condiciones generales del edificio tomado como tipo para la descripcion de los diferentes sistemas de calentamiento y ventilacion. La *figura* 63 representa las condiciones generales de las plantas de los tres pisos del hospital militar. La base del edificio (*figura* 63) es un rectángulo con cuatro crujías ó alas que dejan en el centro un gran patio. Todo el frente del edificio está destinado, inclusas las cuevas que le corresponden, á las numerosas dependencias de la Administracion, que son, en esta ala: la cocina económica general para enfermos, convalecientes y dependientes; la carbonera; la despensa; el comedor general de convalecientes y dependientes;

el almacen de camas y utensilios; oficinas de Administracion; casa para dos dependientes y el jefe local; guarda-ropa general. Toda el ala posterior está destinada á lavadero, botica, laboratorio y almacen ó depósito de drogas; sala de juntas de sanidad; cuartos para seis médicos; casa para tres dependientes; secador de ropa; almacen de la ropa en servicio. La parte central de las dos alas laterales está destinada á salas de enfermos: hay una en el piso bajo, otra en el primer piso y otra en el segundo. La distribucion de las diversas dependencias del servicio del hospital, así como las cuatro escaleras, dos principales y dos secundarias, no van indicadas en los dibujos porque no son necesarias para nuestro estudio, y nos exijirian multiplicar los dibujos, ya numerosos, de esta Memoria. Nosotros nos concretaremos, pues, á las salas de enfermos. En los climas templados de la costa del Mediterráneo no exijirian las dependencias de la Administracion el calentamiento, y en ningun caso exijen la ventilacion artificial. Respecto al calentamiento, lo más económico para las oficinas sería el empleo de una estufa interior, que solo necesitaria funcionar algunos dias del invierno.

La *figura* 64 es la fachada principal del edificio.

La 65 es un corte vertical del mismo por el eje perpendicular á la longitud de las salas de enfermos.

Las *figuras* 63 *y* 65 hacen ver las galerías interiores que tienen todos los pisos, abiertas (como conviene en estos climas templados) para esparcimiento de los convalecientes.

En la descripcion de los sistemas de calentamiento y ventilacion procuraremos dar á conocer las principales disposiciones prácticas empleadas para conseguir un mismo fin, referente ya al calentamiento ya á la ventilacion; pero no es nuestro propósito, ni á nada conduciria, el amontonar descripciones de disposiciones especiales para un mismo objeto. Así, por ejemplo, hay un número tan grande como inútil de disposiciones particulares de caloríferos interiores de aire caliente, de caloríferos exteriores de aire caliente, de agua y de vapor. Nosotros elegiremos en cada caso el tipo que creamos más conveniente, pero sin proscribir alguno de los otros por eso. No es, sin embargo, laudable la manía de inventar caloríferos: esta manía es causa de que no haya

en Francia constructor, ni aun simple *fumiste*, que no se crea en la necesidad de inventar y obtener privilegios para caloríferos cuya invencion nada supone, que las más veces valen mucho ménos que los empleados comunmente, y que no pocas sirven solo para demostrar la ignorancia de sus autores.

Nota. Aunque en el hospital representado en las *figuras* 63, 64 *y* 65 no hay verdaderamente pabellones, nosotros usaremos, por abreviar, la palabra *pabellon* para designar el grupo de las tres salas superpuestas que hay en cada una de las dos alas, izquierda y derecha, del hospital.

II.

PRIMER SISTEMA.

Calentamiento.—*Por caloríferos interiores de aire caliente.*
Ventilacion.—*Por chimeneas de aspiracion por abajo.*

Este sistema está representado en las *figuras* 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 *y* 26, que se refieren al calentamiento y ventilacion del hospital ya descrito.

Las *figuras* 17, 18, 19 *y* 20 representan el calorífero empleado, que es en principio el mismo que Mr. Péclet usó para las escuelas de instruccion primaria en Francia, pero modificado. Este calorífero es recomendable entre los caloríferos interiores, por la facilidad de su construccion y manejo.

Figura 17. Representa un corte vertical por el eje del calorífero. Este se compone de un cilindro de fundicion *a b c d*, cerrado por arriba y por abajo, que contiene el hogar *H*, de ladrillos refractarios. *C* es el cenicero; *t* es un tubo, de fundicion cerca del hogar, de chapa de hierro el resto, que sirve de chimenea. Todo el cilindro *H*, y parte de la chimenea *t*, se encuentra envuelto por un gran cilindro de chapa de hierro delgada *r r r r*. El cilindro *r r r r* va abierto por abajo, y lleva en su parte superior cuatro aberturas; dos comunican directamente con la

sala, y las otras dos tambien por el intermedio de los dos tubos *s s*. *P* es la puerta del hogar, y *A* la del cenicero. *B B* son conductos colocados bajo el piso de la sala en que está el calorífero, ó sea adosados al techo de la sala inferior, *x* es el registro de la chimenea, *i i* son dos registros formados por placas que pueden girar alrededor de un eje horizontal, cerrando más ó menos la abertura que hay en el suelo de la sala bajo el calorífero.

Figura 18. Es un corte horizontal del calorífero por la línea *M M* de la *figura* 17.

Figura 19. Es una elevacion del calorífero, en que se ven de frente las puertas del hogar y del cenicero.

Figura 20. Proyeccion horizontal del calorífero. Sobre la tapa del gran cilindro *r r r r* se ven las dos aberturas ya citadas.

Modo de funcionar el calorífero. Las flechas pequeñas indican la marcha del aire que alimenta la combustion del hogar y el camino que recorren los productos de la combustion: las flechas grandes indican la marcha del aire nuevo. El aire de la misma sala en que está el calorífero penetra por la boca del cenicero *A*, atraviesa el combustible alimentando la combustion, recorre el tubo *t t* y marcha al exterior, como luego veremos. El aire nuevo llega al exterior por los conductos *B B*, envuelve el cilindro *a b c d*, se calienta por su contacto con este principalmente y con el del tubo *t t*, y penetra en la sala por las dos aberturas de la tapa del cilindro *r r r r* y por los extremos de los tubos *s s*.

Figura 21. Esta figura y las siguientes representan la aplicacion del calorífero descrito al calentamiento de las salas de enfermos del hospital que hemos dado á conocer.

La *figura* 21 es un corte longitudinal vertical de las salas de enfermos de uno de los lados del edificio: diremos en adelante de un pabellon de enfermos, por abreviar, aunque la palabra pabellon no sea la propia en este caso, como ya hemos dicho. Vense en esta figura las tres salas de enfermos del piso bajo, del primero y del segundo piso, el desván y la cueva. En medio de cada sala hay un calorífero. El aire nuevo, frio en verano, calentado en invierno, penetra en cada sala por tres puntos diferentes y bien separados: por las dos aberturas de la tapa del ca-

lorífero; por los extremos de los tubos *ss*. Estos tubos van suspendidos al techo de las salas. Si hubiera cielo-raso serian inútiles estos tubos, que nunca son de agradable aspecto: en este caso los tubos *ss* serian muy cortos, y desembocarian entre el cielo-raso y el techo; varias aberturas convenientemente situadas en el cielo-raso, darian entrada en las salas al aire del calorífero.

El cielo-raso no deberia ajustarse completamente á las vigas, como se hace siempre, sino que deberian dejarse espacios suficientes para la libre circulacion del aire.

Figura 22. Esta figura representa un corte horizontal de la sala del piso primero. Las líneas puntuadas representan cuatro conductos adosados al techo de la sala del piso bajo, y que se abren paso al través de los muros longitudinales, comunicando dos de ellos con la galería interior del hospital, y los otros dos con el exterior. Los cuatro conductos están destinados á dar aire nuevo al calorífero, y concurren todos en un gran roseton hueco en comunicacion con aquel. Cuando los conductos de introduccion del aire nuevo están, como en el caso presente, colocados en los suelos ó techos, y en libre comunicacion con el exterior por dos lados opuestos, deben tener básculas ó registros automotores, que se cierren del lado opuesto al viento siempre que una corriente de aire tiende á establecerse por ellos con energía. Con estos registros se consigue que el viento no dañe á la ventilacion, sino que, al contrario, la favorezca. Cuando no hay estos registros automotores debe haberlos movibles á mano, para cerrar los que convenga y evitar que el viento, entrando por las aberturas de introduccion de uno de los muros longitudinales, salga por las de enfrente.

En las *figuras* 21 *y* 22, las flechas grandes indican la marcha del aire nuevo, y las flechas pequeñas la del aire viciado.

Figura 23. Corte transversal de las salas de enfermos, cueva y desván, dado por la línea *A A* de la *figura* 22.

Figura 24. Corte horizontal de las cuevas del edificio en la parte necesaria á la explicacion. Este corte está dado por la línea *P P* de la *figura* 23, para las cuevas; pero no para la chimenea *T*, la cual está cortada por un plano horizontal mas alto, que es el *X X* de la *figura* 25.

Todo lo que comprendemos en la *figura* 24 está encerrado en un polígono, para que no se confunda con las demás figuras.

Figura 25. Elevacion de la chimenea general de aspiracion del aire viciado. Esta chimenea está representada en corte en su parte subterránea, y el corte está dado por la línea *YY* de la *figura* 24.

Figura 26. Otro corte vertical de la chimenea general de aspiracion, perpendicular al dado por *YY*.

Pasemos ahora al detalle de la descripcion.

Marcha de los productos de la combustion. Despues de lo dicho cuando describimos el calorífero, para comprender la marcha de los productos de la combustion no hay mas que echar una ojeada sobre las *figuras* 22 *y* 23. En ambas figuras se ve un conducto *oo*, que existe en el muro interior longitudinal de las salas de enfermos, conducto que recibe el humo de los tres tubos *ttt* de los tres caloríferos, y lo conduce hasta una altura conveniente, donde lo lanza á la atmósfera. Alguna vez se ha hecho servir el conducto *oo* para producir alguna ventilacion, aspirando el aire viciado de las salas: en este caso los tubos *ttt* no deben desembocar libremente en el conducto *oo*, sino en un tubo metálico colocado dentro de este: el conducto *oo*, debe tener comunicacion con las salas para producir la aspiracion del aire viciado. A primera vista parece que la disposicion que acabamos de reseñar es muy ventajosa, porque proporciona una ventilacion gratuita que se hace con el calor perdido por el tubo metálico que conduce el humo de los caloríferos. Sin embargo, esa ventaja, que nunca sería aplicable mas que al invierno, esto es, á los dias de calentamiento, es aun entonces casi ilusoria. En efecto, con un calorífero interior dispuesto como hemos manifestado, el humo debe salir de la sala casi frio estando bien calculadas las superficies de calentamiento, y no quemando más que el combustible necesario: haciéndolo así no hay casi ningun calor perdido que aprovechar: proceder de otro modo es crear voluntariamente un mal para luego aplicar un remedio. En otros casos, en que no es posible enfriar tanto el humo por temor de perjudicar al tiro, puede y debe emplearse la disposicion de que acabamos de ocuparnos, obteniéndose con ella alguna economía. Hemos dicho que el humo debe dejar el tubo *t* de las *figuras* 22 *y* 23

casi frio, porque, en efecto, el tiro puede decirse que se hace en la sala, y mientras los productos de la combustion producen su efecto útil. Aunque llegásemos á enfriar completamente el humo en el tubo *t*, todavía tendríamos una altura útil de chimenea igual próximamente á la altura de la sala, que es de 5 á 6 metros.

Marcha del aire nuevo. Despues de lo ya dicho sobre el movimiento del aire nuevo, solo nos queda que añadir que la sala de enfermos del piso bajo no tiene los conductos de introduccion del mismo modo que las otras, sino que se alimenta, por una simple abertura hecha en la bóveda, del aire de las cuevas, y estas lo toman del patio del hospital por los tragaluces. Esto puede verse en las *figuras* 21 *y* 23.

Marcha del aire viciado. Los conductos de evacuacion del aire viciado están en el interior de los macizos de los muros longitudinales de las salas, y las bocas de evacuacion vienen á abrirse cerca del suelo de las mismas. Estos conductos pueden verse en la *figura* 21 por líneas puntuadas, y en la seccion horizontal, *figura* 22; en la *figura* 23 se ve uno de ellos correspondiente al piso primero, y en el corte horizontal de la cueva, *figura* 24, se ven todos.

Sobre el suelo de la cueva, y á lo largo de ella, hay dos grandes conductos colectores, construidos con lo que los franceses llaman *maçonnerie légère en briques*, ó sea con tabiques de panderete. Estos conductos, que llevan las letras *R* y *R'*, pueden verse en las *figuras* 21, 23 *y* 24. En ellos desembocan los treinta y nueve conductos elementales de aire viciado que hay en cada pabellon, trece para cada sala de veinticuatro enfermos, ó sea uno próximamente para cada par de camas. El conducto *R* comunica directamente con el conducto general *Z* (*figuras* 23 *y* 24), que conduce el aire viciado á la chimenea general de aspiracion *T*. El otro conducto *R'* comunica con el *R* por medio de otro *H*, situado bajo el suelo de la cueva, y que está indicado en las *figuras* 21, 23 *y* 24.

Siempre que un conducto cualquiera recibe aire de dos ó mas conductos, deben colocarse, en la desembocadura de estos, diafragmas ó lengüetas que, dirigiendo las venas gaseosas, no las dejan hasta que estas tienen direcciones paralelas. Esta es una prescripcion que no debe olvi-

darse nunca tratándose de la ventilacion, y cuyo objeto es evitar el choque de las venas, los remolinos, y la consiguiente pérdida de velocidad que del choque se origina, y asegurar las funciones de todos los conductos sin que los unos perturben la accion de los otros. Estos diafragmas y lengüetas los indicamos en muchos casos en nuestras figuras, y citaremos en este proyecto el punto en que el conducto *H* se reune al *R*, y la base de la chimenea *T*. No lo indicamos en todos por no hacer confusos los dibujos; pero diremos que todas las desembocaduras de los conductos elementales de evacuacion en los colectores *R'* y *R* deben tener trozos de chapa de hierro que por su forma cambien la direccion de las venas de aire, dirigiéndolas en el sentido de las flechas. Estas lengüetas sirven de *directrices* al aire viciado.

Todo el aire viciado de las tres salas de un pabellon se dirije por el conducto *Z* á la gran chimenea general de aspiracion *T*, colocada en el centro del patio del hospital, y á la cual se le podria dar, si se quiere, una forma monumental que, ocultando el objeto, adornase el patio.

Esta chimenea (*figura* 24) es de aspiracion por abajo, y sirve para todo el hospital, porque recibe en su base los dos conductos generales de aspiracion *Z* y *Z'* (*figura* 26): el primero conduce á ella el aire viciado de tres salas del hospital, y el segundo el de las tres salas del otro lado.

El corte horizontal de la chimenea *T* que hay en la *figura* 24, y la *figura* 26, nos hacen ver la presencia de un diafragma que arranca de la base de la chimenea, é impide que choquen entre sí las dos venas gaseosas que desembocan en la chimenea *T* por *Z* y por *Z'*.

Las *figuras* 24, 25 *y* 26 nos hacen ver el pequeño hogar que, colocado dentro de la chimenea *T*, se alimenta de combustible por una puerta *k*, normalmente cerrada. Este hogar se alimenta del mismo aire viciado que llena la chimenea: su calor es el solo que produce la aspiracion en el verano: en invierno hay, además de su calor, el exceso de temperatura que trae ya á la chimenea el aire viciado, exceso que por sí solo produciria una cierta ventilacion, aunque insuficiente para un hospital.

Las *figuras* 25 *y* 24 indican, la primera en corte vertical, la segunda en proyeccion horizontal, la cueva que sirve para el servicio del hogar

de la chimenea *T*. Esta cueva está cubierta, á una altura poco superior al piso del patio, por una ligera armazon y chapa de hierro: la cubierta lleva dos aberturas cerradas por vidrios planos espesos para dar luz á la cueva: la entrada á la escalera está normalmente cerrada por una trampa que gira á charnela: en la parte inferior de la cueva, y á los dos lados, hay dos pequeños depósitos de combustible *m m* (*figuras* 24 *y* 25).

Fácilmente se comprende, despues de la anterior descripcion, cuáles son el objeto y la razon de las modificaciones introducidas en el caloríferо de Mr. Péclet, modificaciones que están en armonía con los principios expuestos en el primer capítulo de esta Memoria. Los caloríferos de Mr. Péclet no pueden dar paso en verano al aire nuevo en la cantidad necesaria al hospital, por ofrecer poco espacio entre el cilindro *a b c d* y el *r r r r*. Por esta razon hemos aumentado en cierta proporcion, que mas adelante calcularemos, dicho espacio anular.

El caloríferо de Mr. Péclet vierte el aire nuevo en un solo punto de la sala, cosa poco ventajosa para una ventilacion general y uniforme de esta: nosotros hacemos que el aire entre en la sala por tres puntos suficientemente separados los unos de los otros, que son: la tapa del caloríferо y los dos extremos de los tubos *s s*.

Se dirá que estas modificaciones convierten un caloríferо de regulares dimensiones en un caloríferо demasiado grande, y terminado por tubos largos de gran diámetro y feo aspecto: es verdad; pero tambien lo es que es imposible hacer que un caloríferо pequeño dé paso al gran volúmen de aire nuevo que exije la sala del hospital. Cuando se emplea el sistema de caloríferos interiores, que es el más económico para el calentamiento, se busca la economía, no la belleza: cuando solo se atiende á esta, se disponen las cosas de muy diferente modo, llegando á establecer disposiciones tales, que en las salas calentadas no se ven aparatos de ningun género. Ya hemos manifestado tambien que utilizando los cielos-rasos pueden suprimirse los tubos *s s*, que van colocados cerca del techo.

No vaya á creerse que para llenar el objeto que nos proponemos con esas modificaciones, hubiera sido más conveniente colocar dos ó tres caloríferos en la sala en lugar de uno: si el caloríferо descrito

aparece grande, no es seguramente por la necesidad de alojar una gran superficie de calentamiento, único caso en que conviene aumentar el número de caloríferos, sino por la de tener grandes y multiplicadas entradas de aire nuevo.

Observacion. Todos los cálculos relativos al estudio de calentamiento y ventilacion que acabamos de describir, pueden verse detalladamente en el capítulo 6.°

III.

SEGUNDO SISTEMA.

Calentamiento.—*Por caloríferos exteriores de aire caliente.*
Ventilacion.—*Por chimeneas de aspiracion por abajo.*

Las *figuras* 27, 28, 29 *y* 30 se refieren á este sistema: las dos primeras definen el calorífero empleado.

La *figura* 27 representa un corte vertical por la línea *B B'* de la *figura* 28, y esta última es un corte horizontal por *A A'* de la 27.

Este calorífero es el ménos complicado y costoso que pueda escojerse entre la multitud tan grande como inútil de caloríferos ideados, y producirá tan buenos resultados económicos como el mejor, estando bien proporcionado para el efecto que deba producir.

Se compone el calorífero, de un hogar *H* de ladrillos refractarios, provisto de su puerta *P* para cargar el combustible, de su cenicero *z* con su puerta *P'*, y de su rejilla.

El hogar está recubierto de una campana ó cúpula de fundicion (hierro colado) *T*, á la cual sigue un tubo de la misma materia *a a*. Este cilindro *a a* se encuentra envuelto por otros dos de chapa de hierro de espesor medio concéntricos al *a a;* estos dos cilindros son, el uno *o o*, y el otro *s s;* el espacio anular que queda entre estos cilindros está cerrado por arriba y por abajo.

El extremo superior del tubo central de fundicion *a a*, comunica con la parte alta de dicho espacio anular por cuatro tubos horizontales, que se ven en la *figura* 27.

Todavía hay otro cilindro *e e* de chapa de hierro delgada entre el *o o* y el *a a*, abierto por arriba y por abajo, de cuyo objeto hablaremos luego.

Todo este conjunto va envuelto por otro cilindro de mampostería de ladrillos comunes, puestos en obra con mortero ordinario. De paso podemos advertir, que donde se emplea el ladrillo refractario es donde la temperatura ha de ser muy elevada, y entonces el mortero que se emplea es tierra refractaria cribada, amasada con agua, bien trabajada, y con una consistencia algo menor que la de la pasta para moldear ladrillos. Cuando la temperatura, aunque grande, no lo es tanto como en el primer caso, pueden emplearse ladrillos comunes, eligiendo los más blancos, y puestos en obra con arcilla comun, que puede ser la misma que la que sirvió para hacer los ladrillos. Cuando la temperatura del material no ha de exceder de 100 á 200 grados, se puede emplear el ladrillo comun y el mortero ordinario, pero no el yeso. Para temperaturas que no excedan notablemente de 100 grados, puede usarse el yeso.

La boca superior del cilindro de ladrillos lleva un gran conducto *I* de chapa de hierro delgada (palastro), por donde sale del calorífero el aire ya calentado.

El aire frio entra en el calorífero por dos grandes aberturas *V V'*; circula por los espacios anulares que quedan entre el cilindro de ladrillo y el *s s*, entre el *e e* y el *o o*, entre el *e e* y el *a a*; se calienta por su contacto con esas superficies calentadas, y marcha por *I* al sitio donde ha de ser utilizado. La marcha del aire nuevo está indicada en las figuras, como siempre, por flechas grandes (*figura* 27).

Los productos de la combustion ascienden por el interior del tubo *a a*, descienden por el espacio anular que hay entre los cilindros *o o* y *s s*, y marchan por el tubo *t* al exterior.

Las flechas chicas indican con bastante claridad la marcha de los productos de la combustion.

Para concluir diremos dos palabras acerca del objeto del cilindro *e e*, que á primera vista parece inútil. No lo es, sin embargo, y viene en realidad á convertirse en una superficie indirecta de calentamiento, en virtud del calor radiado que recibe, por una cara del cilindro *a a*, y

por la otra del *o o*. El aire no es calentado sensiblemente por el calórico radiado ó radiante que lo atraviesa, sino por su contacto con cuerpos calentados.

La *figura* 29 representa un corte longitudinal vertical por el eje de las salas de enfermos, calentadas por medio del calorífero que acabamos de describir, y que va colocado en el centro de la cueva.

La *figura* 30 es un corte trasversal por *A A* de las salas, cueva y desván. Dejamos sin cortar por el plano el calorífero *C C* y los tubos *T T T*, *T' T' T'*, *T'' T'' T''* de ambas figuras.

El aire exterior penetra fácilmente en la cueva por los tragaluces que dan al pátio del hospital. El aire de la cueva penetra en el calorífero por las dos aberturas ya conocidas, se calienta ascendiendo por el interior de este, y penetra en un gran conducto adosado á la bóveda de la cueva: este conducto ó capacidad *X X* se llama *cámara de aire;* está construido con un ligero entramado de madera, yeso y tabiquería de ladrillos.

La cámara de aire es muy conveniente siempre que se emplean caloríferos exteriores de aire caliente, los cuales están sometidos á algunas irregularidades en su marcha, y pueden dar aire á una temperatura demasiado elevada en algunos dias frios á ciertas horas. La cámara de aire tiene por objeto permitir la mezcla del aire demasiado calentado con un aire frio en proporciones variables á voluntad, consiguiendo de este modo bajar la temperatura de la mezcla hasta el punto que creamos conveniente. Con este objeto lleva la cámara *X X* (*figuras* 29 *y* 30) dos conductos *L L* de chapa delgada de hierro, que descienden desde aquella hasta cerca del suelo de la cueva, y van provistos de dos registros. Abriendo estos registros, que se ven en la *figura* 29, la aspiracion general que se produce por los tubos *T* sobre la cámara de aire, determina el movimiento ascensional del aire frio de la cueva por los conductos *L L:* llega este aire á la cámara *X*, y se mezcla con el aire caliente en la proporcion que permita la abertura de los registros de los tubos *L L*.

Sobre la bóveda de la cueva, que forma el techo de la cámara de aire, hay tres aberturas, de cada una de las cuales arrancan tres tubos

concéntricos *T T'* y *T''* abiertos por ambos extremos, y de chapa delgada de hierro.

El tubo *T* no llega más que hasta las dos terceras partes próximamente de la altura de la sala del piso bajo. El *T'*, mucho más largo, llega hasta las dos terceras partes de la altura de la sala del piso primero, y el *T''* llega hasta el punto correspondiente de la sala del piso segundo.

Los diámetros de estos tubos *T T'* y *T''* están calculados de modo que la seccion del *T''*, la seccion del espacio anular comprendido entre el *T''* y el *T'*, y la seccion del espacio anular comprendido entre el *T* y el *T'*, son sensiblemente iguales.

Esto supuesto, fácilmente se concibe que el aire de la cámara *X* sube á la sala del piso bajo por el espacio que media entre los tubos *T* y *T'*, entrando en ella por lo alto de dicho espacio; que dicho aire sube á la sala del piso primero por el espacio que media entre el tubo *T'* y el *T''*; que sube á la sala del piso segundo por el tubo *T''*. Las flechas grandes indican la marcha del aire nuevo.

Cada sala recibe por tres puntos convenientemente situados, el aire nuevo. La misma marcha que este sigue en invierno, sigue en verano.

Nada tenemos que decir sobre la marcha del aire viciado, que se hace lo mismo que en el estudio ó sistema primero. Hay una gran chimenea de aspiracion por abajo, colocada en el centro del pátio, que recibe el aire viciado de las seis salas del hospital, lo mismo que en dicho primer sistema; nos referimos por lo tanto, á lo ya explicado. Lo mismo que se han calentado y ventilado las tres salas representadas en las *figueas* 29 *y* 30, se calientan y ventilan las otras tres situadas enfrente de *r*stas y del otro lado del pátio.

La única diferencia que hay relativamente á la marcha del aire viciado es, que en lugar de tener cada sala trece conductos de evacuacion como tenia en el proyecto primero, hay en este catorce, ó sea uno en cada uno de los catorce macizos de los muros. En el proyecto anterior habia solamente trece conductos de evacuacion, porque uno de los macizos se empleaba en alojar el conducto general de humo de los caloríferos.

Aprovechamiento del calor perdido en los caloríferos. Para aprovechar en parte el calor que al salir del calorífero se llevan los productos de la combustion, el tubo *t* (*figura* 30) comunica con una chimenea metálica colocada dentro de la gran chimenea de aspiracion que hay en medio del pátio del hospital. (Véase el primer sistema.) De este modo, la chimenea metálica que recibe los productos de la combustion de ambos caloríferos, calienta por su contacto el aire viciado de la de aspiracion, al mismo tiempo que sirve para el tiro. Así se puede obtener una ligera economía de combustible, durante la época de calentamiento, en el hogar especial de la chimenea de aspiracion. En este sistema hay realmente algun calor que aprovechar, cosa que no debe suceder cuando se usan caloríferos interiores, porque entonces se puede utilizar casi completamente en el calentamiento todo el producido por el combustible.

Observacion. Todos los cálculos relativos al estudio de calentamiento y ventilacion que acabamos de describir, pueden verse detalladamente en el capítulo 6.°

IV.

TERCER SISTEMA.

Calentamiento.—*Por caloríferos exteriores de agua caliente.*
Ventilacion.—*Por chimeneas de aspiracion por abajo.*

Las *figuras* 31, 32, 33, 34, 35 *y* 36 se refieren á este sistema.

Figura 31. Corte vertical longitudinal de las salas de enfermos por la línea *DD* de la *figura* 32.

Figura 32. Corte horizontal del pabellon de enfermos por las partes horizontales de la línea quebrada *OO*..... Como todo es simétrico en los dos muros divisorios trasversales *rr* y *SS*, hemos querido que el plano secante corte á diferentes alturas á dichos muros, para ahorrar figuras.

Figura 33. Corte trasversal de las salas de enfermos, cueva y desván por la línea *AA* de la *figura* 32, sin representar el hogar y caldera del centro de la cueva, á fin de dejar ver el calorífero *C*.

Figura 34. Corte del muro divisorio *SS* (*figura* 31) por la línea *B B* y paralelamente á sus paramentos, ó bien por un plano vertical *B B* (*figura* 32).

Figura 36. Proyeccion del calorífero de agua caliente empleado.

Figura 35. Corte del calorífero por la línea *A A* de la *figura* 36.

Consiste el calorífero de agua caliente empleado y puesto como ejemplo en este sistema, en seis séries de tubos de fundicion (*figura* 36). Cada série se compone (*figura* 35) de diez tubos de fundicion horizontales, colocados en un mismo plano vertical, comunicándose entre sí por tubos curvos del mismo diámetro. Todas las séries comunican por lo alto con un tubo horizontal de fundicion *t t*, y por lo bajo con uno igual *t' t'*. El agua caliente circulará por todas la séries en el sentido de las flechas, como vamos á explicar, llegando por el tubo *r* y saliendo por el *r'*.

En el centro de la cueva (*figuras* 31 *y* 32) se ve un hogar con su caldera. De la parte alta de esta caldera arranca un tubo de fundicion, que tiene en este proyecto cerca de 2 metros de alto, y se termina por un vaso ó receptáculo, llamado vaso de expansion, de la misma materia, cerrado con una tapadera simplemente superpuesta. De lo alto del tubo mencionado, llamado tubo ascensional, y cerca del vaso de expansion, salen dos tubos que se ponen en comunicacion con la parte alta de dos caloríferos de agua caliente, iguales al explicado en las *figuras* 35 *y* 36, y que van marcados con la letra *C:* de la parte baja de la caldera salen otros dos tubos que ponen á esta en comunicacion con la parte inferior de los dos caloríferos. Supongamos ahora que se ha llenado completamente de agua la caldera, el tubo ascensional, los dos caloríferos y los cuatro tubos de comunicacion de estos con la caldera; en una palabra, todo ménos el vaso de expansion. Si, en esta disposicion las cosas, se calienta la caldera, el calor se comunica fácilmente al agua que llena el tubo ascensional, porque el agua al calentarse, haciéndose ménos densa que la más fria que la rodea, se eleva en la masa general en virtud del principio de Arquímedes. Recuérdese la facilidad con que se trasmite el calor de abajo arriba en los líquidos en virtud de las corrientes que se originan, y lo mal que se trasmite horizontal-

mente y de arriba abajo, en razon á su mala conductibilidad. La columna de agua caliente que llena el tubo ascensional y caldera, no puede equilibrarse con una de igual altura de agua fria que llena el calorífero, porque un mismo líquido á diferentes temperaturas tiene diversas densidades. Esta diferencia de presion ejercida por dos columnas de agua de igual altura y de diferentes densidades, origina un movimiento circulatorio con una velocidad correspondiente á esa diferencia de presiones (no haciendo mencion de las resistencias pasivas). Este movimiento circulatorio, que tendrá lugar en cada uno de los dos circuitos formados por los caloríferos, la caldera, el tubo ascensional y los tubos largos de comunicacion (*figura* 51), se verificará ascendiendo el agua por el tubo ascensional, entrando en el calorífero por la parte alta de este, saliendo por la parte baja y volviendo á la caldera. Como el agua calentada en la caldera se enfria notablemente en los tubos del calorífero, que le presentan una gran superficie, el movimiento será contínuo; el agua enfriada vuelve á la caldera, se calienta otra vez allí, se eleva, vuelve al calorífero, y así sucesivamente.

El objeto del vaso de expansion colocado en lo alto del tubo ascensional, es dar al agua un espacio para el aumento de volúmen que ha de tomar al calentarse. El volúmen de este vaso se hace mucho mayor del que corresponde á la dilatacion del agua, y puede alojar y contener alguna cantidad de vapor á poca presion; si la presion del vapor aumentase, levantaria la tapadera con facilidad: no hay, pues, de este modo peligro alguno de explosion. Muchas veces los constructores cierran el vaso de expansion herméticamente con una tapa, que en este caso lleva su válvula de seguridad. Esta segunda disposicion tiene por objeto calentar el agua á una temperatura superior á 100° para necesitar ménos superficie de calentamiento en los caloríferos de agua caliente, tubos, estufas, etc.; pero no creemos que esta pequeña ventaja compense en modo alguno los inconvenientes sérios que lleva consigo, razon por la cual nunca la aconsejaríamos.

Volviendo á la primera disposicion del vaso de expansion y terminando lo que acerca de este nos falta que decir, agregaremos que por él se añade, cuando se necesita, la pequeña cantidad de agua que se haya

perdido en vapor. Si la tapadera, aunque simplemente superpuesta, ajusta bien y no hay fugas, como no debe haberlas, por ninguna de las uniones, y se cuida de no exceder la temperatura de 100°, se pierde poquísima agua.

Todas las uniones de los tubos de fundicion que componen los caloríferos de agua caliente ó de vapor, se hacen hoy dia perfectamente interponiendo entre los collares ó bridas de los tubos rodajas de *caoutchouc* con tela simple, ó mejor doble, que resisten perfectamente una temperatura de 140°. Estas uniones no son caras, permiten con facilidad el desmontar los tubos, cosa que no permiten del mismo modo las de trenzas de estopa con el mastic de minio, que ordinariamente se emplea.

Hemos adquirido una larga experiencia en el uso del caoutchouc para las uniones de tubos de agua caliente, de vapor, y para la disolucion amoniacal á 28°, que se emplea en las máquinas de Mr. Carré para la fabricacion del hielo artificial. Estas últimas funcionan á una presion de 12 atmósferas, y ningun sistema de union podria en ellas reemplazar al *caoutchouc*, que siempre produce un ajuste perfecto.

Como toda la caldera está llena de agua, toda su superficie puede utilizarse y servir para superficie de caldeo, y calentarse toda con los productos de la combustion.

Los dos caloríferos de agua caliente que hay en la cueva (*figuras* 31 *y* 32) van encerrados en una gran caja construida de ladrillos, y cuyos muros deben ser huecos, para evitar en cuanto se pueda la pérdida de calor. La forma de esta caja y calorífero puede verse en corte vertical por el eje, y en proyeccion lateral en la *figura* 31; en corte horizontal y en proyeccion horizontal en la *figura* 32; de frente en la 33.

Los caloríferos van colocados sobre rodillos que les permiten fácilmente el movimiento que puede exijir la dilatacion de los tubos de comunicacion con la caldera.

La caja del calorífero toma aire de la cueva por seis aberturas, dos en cada una de sus tres caras. La cuarta cara vertical es el mismo muro divisorio. Este muro lleva una parte hueca *H* (*figuras* 31, 32 *y* 34). La parte alta de la caja del calorífero comunica con *H*. Dentro de cada

uno de los muros divisorios se alojan tres conductos, 1, 2 y 3 (*figuras* 34 *y* 32), que comunican con *H*, y llegan, el 1 hasta el techo de la sala del piso primero, el 2 hasta el techo de la sala del piso bajo, el 3 hasta el mismo sitio del segundo piso. En la *figura* 33 se pueden tambien notar los tres conductos y la cavidad *H*, indicados con líneas puntuadas.

Las tres salas llevan una gran cornisa hueca de yeso ó de chapa delgada de hierro pintado, provista de aberturas en toda su longitud, y en comunicacion cada una con su respectivo conducto 1, 2 y 3 de los dos muros divisorios.

Marcha del aire nuevo. Los dos caloríferos toman el aire nuevo de la cueva, y esta del patio interior por sus tragaluces. El aire de los caloríferos se calentará en invierno circulando entre los tubos de estos, penetrará en las capacidades *H H*, y de aquí se distribuirá por los seis conductos ascensionales 1, 2 y 3 que hay en los muros divisorios, tres en cada uno de estos.

La cornisa hueca de cada sala recibe, por lo tanto, aire de dos conductos alejados uno de otro, y lo lanza á la sala por sus numerosas aberturas. Cada uno de los seis conductos verticales 1, 2, 3, lleva en la sala un registro horizontal de corredera, no indicado en las figuras, y con el que se regula y gradua la igual distribucion por todos del aire nuevo.

Marcha del aire viciado. Nos referimos á lo dicho en el primer sistema, como se habrá comprendido á la simple inspeccion de las figuras, en las cuales se ven las mismas disposiciones ya descritas para la aspiracion por abajo.

Marcha de los productos de la combustion de los hogares de las dos calderas. Acabamos de describir el calentamiento y la ventilacion de uno de los dos pabellones de enfermos: el otro lleva una caldera igual al primero, sus dos caloríferos iguales á los descritos, etc., etc. Los productos de la combustion de cada caldera marchan á la gran chimenea de aspiracion, colocada en el centro del pátio, por un tubo *x* (*figuras* 32 *y* 33).

Dentro de la chimenea de aspiracion, y ocupando toda su altura,

hay una chimenea metálica, cuya seccion es igual á la suma de las secciones de los dos tubos de humo de los dos hogares. Esta chimenea metálica recibe el humo de los dos tubos x, aprovechándose de este modo el calor de este en la ventilacion.

En el sistema que acabamos de describir para la introduccion del aire nuevo en las salas, no se ve aparato alguno, y estas quedan completamente libres y despejadas. Las cornisas no producen mal efecto; al contrario, adornan las salas. Esta disposicion puede emplearse con mucha ventaja en las cátedras, en anfiteatros, bibliotecas, salones de recepcion, etc. Conviene mucho en las bibliotecas el empleo de caloríferos exteriores de agua caliente, y no los de aire caliente, porque estos últimos pueden dar con facilidad aire á alta temperatura, y se ha observado que no conviene ni para la madera ni para los libros el contacto prolongado, ni aun la proximidad de aire á 60 ú 80 grados.

De cualquier modo que sea, en el calentamiento de las bibliotecas y museos, salones de recepcion, etc., los caloríferos de agua caliente no deben nunca estar colocados dentro de estos locales, sino fuera. Los muros sobre que apoyan los estantes ó cuadros no deberán contener en su interior conducto alguno de agua; pero sí pueden contener, si es necesario, conductos de aire calentado en caloríferos de agua caliente, los cuales obran siempre con más constancia y regularidad que los de aire caliente, y nunca pueden dar aire demasiado calentado, como puede suceder en estos, con un descuido del fogonero.

Observacion. Todos los cálculos relativos al estudio de calentamiento y ventilacion que acabamos de describir, pueden verse detalladamente en el capítulo 6.°

V.

CUARTO SISTEMA.

Calentamiento.—*Por caloríferos exteriores de vapor.*
Ventilacion.—*Por chimeneas de aspiracion por abajo.*

Despues de lo dicho explicando el anterior sistema, podemos ahorrarnos la descripcion de este caso, que no se diferencia del anterior sino en que la caldera, en lugar de ser de agua caliente, sería un generador ordinario de vapor. Los caloríferos podrian ser de la misma forma ó de otra análoga, y lo mismo decimos de todas las demás disposiciones. Unicamente la superficie de calentamiento de los caloríferos de vapor sería más pequeña, para producir el mismo efecto, que la de los de agua caliente, como más adelante veremos. Además de esto, el calentamiento por el vapor exije tubos de agua de condensacion, vaso para estas aguas, bomba de alimentacion para introducir nuevamente en el generador el agua de condensacion, etc., etc., de todo lo cual nos ocuparemos detenidamente en el sistema que sigue.

Observacion relativa á todos los tubos que conducen agua caliente ó vapor al sitio en que el calor se ha de utilizar. Conviene siempre disminuir la pérdida de calor que estos tubos experimentan en el aire por radiacion y por contacto. Para ello se les recubre de cuerpos malos conductores del calor. La disposicion que ha dado mejores resultados consiste en recubrir los tubos con hojas delgadas de estaño, llenando el espacio anular que entre estas y el tubo queda, con serrin de madera ó de corcho. De este modo se consigue que el tubo sea envuelto por un cuerpo que conduce mal el calor (el serrin), y cuya superficie brillante y lisa (la hoja de estaño) tiene un débil poder emisivo.

VI.

QUINTO SISTEMA.

Calentamiento.—*Por tubos y estufas de vapor, colocados en los mismos locales que han de ser calentados.*

Ventilacion mecánica.—*(Por inyeccion ó impulsion.)*

Las *figuras* 37, á la 49 *y* 50 abrazan la descripcion de nuestro hospital, calentado y ventilado del mismo modo que lo están los pabellones de hombres del hospital de Lariboisière en París.

La *figura* 37 representa un corte horizontal del edificio por bajo del nivel del terreno. Este corte no abraza todo el edificio, sino la parte que es precisa para comprender el sistema. En el centro de la cueva, situada bajo el ala posterior del edificio, se ve el ventilador impelente de fuerza centrífuga *V*, el cual recibe su movimiento de una máquina de vapor *M*. Fuera del recinto de la cueva citada, y al mismo nivel, se encuentra una pequeña cueva *NN*, donde hay el generador de vapor *HH* y la carbonera *C*. El generador de vapor tendria sobrado sitio para su colocacion en las cuevas del edificio; pero de ningun modo aconsejaríamos esta última situacion, que en las ordenanzas municipales de algunas poblaciones de Europa está con razon prohibida: sobre el generador de vapor no debe haber construccion alguna habitada. En el centro del patio del hospital hay una chimenea *P*, exclusivamente destinada al servicio del hogar del generador, cuyos productos de la combustion recibe y lanza en la atmósfera á una altura algo superior al edificio. La cueva *NN* tiene por techo una triple bóveda tabicada. Comunica con la gran cueva del edificio por dos puertas colocadas á los dos lados de la máquina de vapor *M*. El vaso *R*, donde se reunen las aguas de condensacion, lo describiremos mas adelante detalladamente.

Del ventilador parten dos tubos porta-viento de chapa delgada de hierro, que van suspendidos al techo de las cuevas, y se dirijen, el uno

á una de las *cuevas situadas bajo las salas de enfermos*, y el otro á la de enfrente. Lo que digamos de un lado del hospital, se entenderá del mismo modo para el otro. Uno de estos tubos lleva la letra T' y el otro la T. Sigamos con el último. El tubo T, al llegar al muro divisorio de la cueva situada bajo la sala de enfermos, envia cuatro ramales, 1, 2, 3, 4, uno á cada uno de los cuatro conductos $a a b b$ alojados en dicho muro divisorio.

En la cueva situada bajo las salas de enfermos, derivan del tubo T tres ramales verticales $d d d$, que atraviesan el techo de la cueva penetrando en la sala de enfermos del piso bajo. Por último, de la extremidad del tubo T derivan cuatro ramales horizontales, que comunican con otros cuatro conductos verticales $a' b' a' b'$ alojados en el otro muro divisorio. Los ocho ramales $a a b b a' a' b' b'$ no tienen la misma longitud. Para seguir su marcha, véanse las tres plantas de las tres salas de enfermos superpuestas, representadas en las *figuras* 38, 39 *y* 40. En la primera de estas plantas, que es la del piso bajo, se ve que siguen los ocho conductos: en la planta de la sala de enfermos del primer piso terminan los conductos $b b b'$ y b', los cuales desembocan todos en un canal que existe en el eje del suelo de la sala, dentro de este suelo. Los otros cuatro conductos $a a a'$ y a' siguen su curso ascendente, hasta venir á desembocar tambien en el canal central del suelo de la sala del piso segundo. Tambien existe un canal central en el suelo de la sala del piso bajo (*figura* 38), el cual recibirá el aire de los tres ramales cortos $d d d$ ya mencionados.

El canal central que hay en el suelo de cada sala de enfermos (*figuras* 38, 39 *y* 40), está recubierto de placas de fundicion, y deja tres espacios circulares, que están de manifiesto en las figuras, para recibir tres estufas de agua calentada por el vapor, y que podrian ser tambien de vapor solo. Las estufas van atravesadas por doce tubos abiertos por arriba y por abajo, que ponen en comunicacion el canal de las salas con la atmósfera de estas.

De la caja de distribucion de la máquina de vapor M parten dos tubos x' y x; el primero conduce el vapor de escape de la máquina á los tubos y estufas de calentamiento que hay en una de las alas del hospi-

tal; el segundo á la otra ala. Sigamos este último, no ocupándonos mas que de medio hospital, porque el otro medio se calienta del mismo modo. El tubo *x* no sigue la direccion que le damos en el dibujo, en el cual aparece que atraviesa el muro sobre que descansa el cojinete del árbol de la máquina: este tubo no atraviesa muro alguno, ni tiene para qué hacerlo; va siempre al exterior y apoyado sobre el muro; pero cometemos esa impropiedad en la figura para que este tubo no se cruce y se confunda con otros representados en la misma figura. El tubo *x* desemboca en el *sss*, el cual camina horizontalmente por la cueva hasta llegar al rincon *s'*, donde se encorva verticalmente para subir á los pisos superiores y dar el vapor necesario al calentamiento de las salas. Cuando el vapor de escape de la máquina no es suficiente para el calentamiento del hospital, el tubo *sss'* toma un suplemento de vapor del mismo generador por medio del tubo *ooo*, provisto de dos llaves, una en *r*, y otra á su salida del generador. El tubo *ooo* penetra en el *sss*, y dentro de este y en su eje termina por una tobera delgada, que produce un chorro de vapor en el eje del tubo *sss*; chorro de vapor que, marchando en el mismo sentido que el vapor de escape de la máquina, no perturba el movimiento de este, antes al contrario le aumenta su velocidad. Al vapor de escape de la máquina se le conserva una presion de 1,25 atmósferas á 1 atmósfera.

Los tubos de vapor van representados en todas las figuras de este proyecto por una simple línea de trazos grandes.

Hemos dicho que el tubo de vapor *sss'*, al llegar al rincon *s'*, se eleva verticalmente, como puede verse á la derecha de la *figura* 41 en *s's's'*. De esta parte vertical derivan tres ramales horizontales, alojados cada uno en el canal central que existe dentro del suelo de cada sala, como puede verse en las *figuras* 38, 39 *y* 40. Cada ramal horizontal de vapor envia un pequeño tubo á cada una de las tres estufas que sobre él van colocadas (*figuras* 41 *y* 43). El agua de condensacion que se produce en cada ramal horizontal de vapor y en las tres estufas que alimenta, se recoje en un tubo alojado en el mismo canal que el del vapor, y que va siguiendo á este con una cierta pendiente siempre constante y en el mismo sentido. Estos ramales del agua de condensa-

cion van todos á desembocar á un colector vertical $m'\,m'\,m'$ (*figura* 41), que á su vez comunica con el $m\,m\,m$, situado en las cuevas, el cual termina en el vaso del agua de condensacion (*figuras* 41 *y* 57).

Todos los tubos del agua de condensacion van en todas las figuras representados por simples líneas de trazos cortos.

Los tubos verticales de vapor $s'\,s'\,s'$ (*figura* 41) y del agua de condensacion $m'\,m'\,m'$, van alojados en cajas embutidas en los muros, de modo que no son visibles. Estas cajas van cerradas al nivel del paramento con un liston de madera.

La *figura* 41, corte longitudinal de las salas de enfermos, comprueba y facilita la descripcion hecha. Se ven en ella las tres estufas de cada sala colocadas sobre el canal central, el tubo vertical de vapor $s'\,s'\,s'$, el vertical de las aguas de condensacion $m'\,m'\,m'$, el tubo porta-viento T en la cueva, el tubo de aguas de condensacion $m\,m\,m$, los ramales de vapor y los del agua de condensacion que hay en los canales centrales, comunicando los tres primeros con el tubo de vapor $s'\,s'\,s'$, y los segundos con el $m\,m\,m$, las comunicaciones, provistas de llave, que hay entre cada estufa y los ramales de vapor y de agua de condensacion que pasan por debajo de ella.

La *figura* 43 manifiesta, en seccion trasversal, lo mismo que acabamos de decir, y viene á determinar las dimensiones de todos los detalles.

La evacuacion del aire viciado se hace por medio de 42 conductos que hay en los macizos de los muros longitudinales de las salas; estos conductos de evacuacion, 14 para cada sala, comunican con estas cerca del suelo de ellas, y por arriba llegan hasta el desván, desembocando en dos grandes colectores horizontales allí colocados.

En la *figura* 41 se ven los conductos de evacuacion por líneas puntuadas, y las bocas de la misma clase pueden verse tambien en seccion horizontal en las *figuras* 38, 39 *y* 40.

La *figura* 42 es un corte horizontal del desván por la línea $A\,A$ de la *figura* 41. En la *figura* 42 y en la 43, se ven los dos conductos colectores de aire viciado $Z\,Z'$ horizontales, construidos sobre el mismo suelo del desván con tabiques de ladrillos puestos en obra con yeso. Los colectores Z y Z' comunican por otros dos conductos $X\,X'$ (*figura* 42), con una

ligera y corta chimenea *V* (*figuras* 41, 42 *y* 45), construida con una armazon ó entramado de madera, ladrillo y yeso. Debe recubrirse exteriormente de mortero comun, y mejor aún, hidráulico.

Las *figuras* 44, 45 *y* 46 son: la 45, un corte trasversal del canal central alojado en el suelo de las salas, dado por el eje de la estufa; la 44, una proyeccion horizontal de la estufa; la 46, un corte trasversal del canal, para mostrar la posicion de las placas de fundicion que cierran superiormente el canal, al nivel del piso de las salas.

El suelo de las salas está construido del modo siguiente: en cada uno de los macizos de las salas de enfermos apoyan dos vigas maestras de hierro de doble *T*. Sobre los vigas maestras va un sistema de viguetas de hierro de doble *T* laminadas, que reciben las bovedillas tabicadas, cuyos senos se rellenan con cascajo hasta enrasar. Esta construccion de suelos de hierro y mampostería de ladrillos, es la seguida hoy en Barcelona en los edificios de alguna importancia. El canal central que contiene el tubo de vapor y el de agua de condensacion, queda naturalmente formado por el espacio que media entre las dos viguetas del medio de la sala, el cual no se cierra con bóveda, sino con las placas de hierro.

La estufa (véase la *figura* 45) está construida del siguiente modo: el pedestal de hierro colado está fundido de una pieza, y lo mismo la cabeza de la estufa ó capitel. El cuerpo cilíndrico de la estufa, que es de palastro, puede ser de seccion circular ó elíptica, y va roblonado por abajo al pedestal y por arriba al capitel.

Doce tubos atraviesan de parte á parte la estufa, la cual está casi llena de agua. Sobre el centro del fondo de la estufa y de la parte superior, va fijada con bridas y pernos una pequeña caja de fundicion, donde penetra una derivacion del tubo de vapor *x* (*figura* 45), y otra del tubo *o* del agua de condensacion. Ambas derivaciones van provistas de llaves que permiten aislar una estufa cuando se quiera: la primera derivacion sube un poco más que el fondo de la caja de vapor; la segunda, destinada á recojer el vapor condensado en la caja, parte del mismo fondo de esta.

Creemos inútil dar detalles más minuciosos sobre este punto y so-

bre la *figura* 46, porque la inspeccion de esos dibujos hace fácil su comprension.

Ya que conocemos completamente todos los detalles del sistema de calentamiento y ventilacion en que nos ocupamos, pocas palabras bastarán para dar á entender la manera de funcionar, que el lector, despues de la descripcion, habrá probablemente deducido por sí mismo.

Marcha del aire nuevo. El ventilador toma el aire nuevo de la cueva, y ésta del exterior, por los tragaluces. El aire impelido por el ventilador en el tubo porta-viento *T*, penetra en el canal de la sala baja de enfermos por los tubos *d d d:* en este canal empieza á calentarse por su contacto con el tubo de vapor; recorre los tubos de las estufas donde acaba de hacerlo, y penetra en las salas como indican las flechas grandes, que, como siempre, señalan el movimiento del aire nuevo.

El aire del tubo porta-viento *T*, recorre los conductos *b b*, *b' b'* (*figuras* 37 *y* 39), y desemboca en el canal de la sala de enfermos del piso primero, como se ve en la *figura* 39, de donde pasa á las estufas, penetrando por lo alto de estas en las salas.

El aire del mismo tubo *T* recorre los conductos *a a*, *a' a'*, y desemboca en el canal de la sala de enfermos del piso segundo, como se ve en la *figura* 40, de donde pasa á las estufas, penetrando en las salas.

Inútil parece agregar, que el aire para estas dos salas se calienta al contacto con los tubos de vapor y los tubos que atraviesan las estufas, lo mismo que para la sala del piso bajo.

Marcha del vapor y del agua de condensacion. El vapor recorre el tubo *s s s* (*figura* 37), penetra en el vertical *s' s' s'* (*figura* 41), recorre los ramales alojados en el canal central, y llega á las cajas que hay bajo el fondo de las estufas, calentando el agua que estas contienen. El agua de condensacion de los ramales de vapor y de las cajas de vapor de las estufas, va á parar á los ramales que para este efecto hay en los canales centrales, recorre el tubo *m' m' m'* y el *m m m*, y va á parar al vaso *R* colocado en la cueva (*figura* 37).

Los ramales de vapor de los canales deben tener tambien una pendiente descendente en el sentido del movimiento del vapor en ellos, á

fin de que el agua de condensacion marche en el mismo sentido que el vapor, y no se perturben ambos flúidos en su movimiento.

Marcha del aire viciado. El aire viciado de todas las salas penetra por las aberturas de evacuacion que se ven en las *figuras* 41 *y* 43, asciende por los conductos de evacuacion alojados en los muros, desemboca, cuando llega al desván, en los colectores Z y Z', y pasa por los conductos X y X' á la chimenea Y, que lo evacua en la atmósfera.

Comprendido el sistema de calentamiento y ventilacion que acabamos de describir, pasemos al estudio detallado de algunos puntos importantes.

Vaso de condensacion y bomba de alimentacion. La *figura* 48 nos hace ver el vaso de condensacion B con todos sus accesorios, tubería y bomba. Está formado el vaso de condensacion B por un cilindro de chapa de hierro terminado por dos casquetes esféricos. En la parte alta lleva la válvula de seguridad s, el manómetro m, el tubo de purga P, el que trae el agua de condensacion T. Lleva además su tubo de nivel N. Recomendamos para el ajuste de los extremos del tubo de vidrio N la disposicion de los Sres. Mignon y Ruart, de París, que consiste en el empleo de pequeños trozos ó anillos de caoutchouc, que se encuentran comprimidos por prensa-estopas ordinarios á rosca. Es una disposicion excelente, superior á todo lo empleado hasta aquí: la hemos usado para presiones de 10 hasta 14 atmósferas; y al recomendarle, no solo lo hacemos para este caso, que es seguramente poco importante por la pequeñez de la presion, sino para los generadores de vapor de todas clases.

De la parte inferior del vaso B parte un tubo provisto de su llave r, que se bifurca despues, comunicando por un lado con el tubo T', que va á un pequeño depósito de agua, y por otro con la válvula A. Z es la bomba de alimentacion que comunica por la parte inferior con dos cajas de válvulas, que son: A, válvula de aspiracion; I, válvula de inyeccion ó impulsion. Las cajas I y A pueden ser fácilmente visitadas y desmontadas, cosa muy conveniente, que saben apreciar debidamente los prácticos. La disposicion para cerrar las cajas de válvulas está bien claramente representada en la figura, y no exije más explicaciones. T'' es el tubo

de inyeccion que conduce el agua de la bomba al generador. Ambas válvulas, que son de asiento cónico, se abren al levantarse. *X* es un pequeño tubo provisto de su llave, ordinariamente cerrada, que se llama *tubo de prueba*, y que sirve para ver si la bomba funciona bien, lo que se observa abriendo la llave del tubo *X*, y viendo si sale á cada embolada un chorro de agua con fuerza por el extremo de dicho tubo.

El tubo *T'* lleva una llave *r'*. La caldera se alimenta ordinariamente del agua del vaso *B*, lo cual exije que esté cerrada la llave *r'* y abierta la llave *r*. Tiene grandes ventajas el alimentar la caldera con el agua de condensacion: la primera es que dicha agua está siempre á una temperatura más elevada que el agua comun; la segunda que, como agua destilada que es, no produce incrustaciones ó depósitos calcáreos en el generador.

Cuando se necesita un poco de agua nueva para reponer las pérdidas, se cierra la llave *r* y se abre la *r'*; entonces la bomba de alimentacion toma agua del depósito y no del vaso *B*.

Cuando se ha de empezar á calentar el edificio es preciso purgar de aire el generador de vapor, los tubos que conducen el vapor á las salas, los ramales que conducen el vapor á las estufas, las cajas de vapor ó doble fondo de aquellas, los tubos de condensacion y el vaso *B*; porque el aire dañaria tanto á la condensacion del vapor como al libre movimiento del agua de condensacion. Con el objeto de purgar de aire los aparatos se coloca el tubo *P* en el vaso de condensacion *B*. Abriendo la llave del tubo de purga, sale por este el aire empujado por el vapor. Cuando se ve que no sale más que vapor por el tubo *P*, se cierran las llaves, y se dirige el vapor al sitio en que ha de ser utilizado. La bomba *Z* está movida por la máquina de vapor *M* de la *figura* 57.

Las *figuras* 47, 49 *y* 50, representan el ventilador empleado y la trasmision de movimiento.

La *figura* 49 es un corte del ventilador por un plano vertical que pasa por su eje. La *figura* 50 es un corte vertical perpendicular al eje del ventilador, por la línea 2, 2 de la *figura* 49, y la *figura* 47 es un corte paralelo al anterior por la línea 1, 1 de la *figura* 49. Las mismas cosas están representadas por iguales letras en las tres figuras. El

ventilador de fuerza centrífuga representado en esas tres figuras se compone: de un pequeño árbol *y y*, de una placa ó disco de hierro dulce *a a* fijo á dicho árbol: de ocho paletas de chapa de hierro *o o o*.... fijadas perpendicularmente sobre el disco *a a* é inclinadas sobre los rádios del disco; de otras ocho paletas fijadas en la otra cara del disco y formando la prolongacion de las primeras. En realidad puede decirse que es un ventilador de ocho paletas planas inclinadas. Las ocho paletas, cuya forma, en verdadera magnitud, se ve en la *figura* 49, van fijadas al disco por una dobladura ó reborde, que hace el oficio de los *hierros de ángulo ó de escuadra*. Estas paletas van encerradas entre dos discos de fundicion verticales, iguales y paralelos *A A*, que llevan en su centro dos grandes aberturas *A A*, por las cuales penetra el aire exterior.

A la circunferencia de los discos van roblonados dos canales *E E* de chapa de hierro en espiral: de estos dos canales parten los dos tubos porta-viento *P P*, que conducen el aire al sitio donde ha de ser utilizado.

El eje ó arbol del ventilador lleva una pequeña polea, que recibe el movimiento, por una correa, del mismo arbol de la máquina, como se ve en las *figuras* 49 *y* 50. La fuerza centrífuga que se desarrolla en el aire del ventilador, obligado á girar entre las paletas de este, lo impele por el tubo *P*, y produce una aspiracion de aire nuevo por las aberturas *A A* de los discos del ventilador: este aire nuevo es empujado del mismo modo por el tubo *P*, nueva aspiracion se produce, etc., etc.

Los demás detalles secundarios referentes á la construccion, ajuste de las piezas é instalacion del ventilador, pueden verse en los dibujos, y no necesitan explicacion.

La disposicion que acabamos de describir para fijar las paletas del ventilador, es más conveniente que la que consiste en fijarlas á brazos montados perpendicularmente sobre el arbol del ventilador. Además, esa placa que recibe las paletas llena un objeto importante; evita el choque mútuo de las dos corrientes de aire en sentido contrario, que penetran en el ventilador por las dos grandes aberturas opuestas de los discos *A A*.

En todo sistema de calentamiento por el agua caliente ó por el vapor, es preciso cuidar de permitir la libre dilatacion de los tubos cuando cambia su temperatura. El efecto de las dilataciones es sobre todo temible tratándose de los tubos de fundicion, que es un material poco elástico y poco maleable, y al contrario, fácilmente quebradizo. Cuando se emplean largos tubos de fundicion hay que disponerlos de tal modo, que las dilataciones puedan hacerse libremente, ó hay que echar mano de *los compensadores*. Estos consisten en tubos curvos de cobre de pequeño diámetro, sobre los cuales vienen á refluir y á hacerse sensibles los cambios de longitud de los largos tubos; ó en algunas uniones á enchufe con cajas de estopas, ó en compensadores análogos á los tubos que ponen en comunicacion el depósito de agua del tender de las locomotoras con la bomba de alimentacion de esta, ó con el inyector Giffard. En el primer caso, los alargamientos ó acortamientos de los largos conductos de fundicion, tienen por resultado encorvar más ó ménos los tubos delgados de cobre, los cuales pueden sufrir estos cambios de curvatura á causa de su maleabilidad y elasticidad. En el segundo caso, un tubo puede meterse más ó ménos dentro de otro, tanto como lo exija el alargamiento ó acortamiento general, á favor del enchufe ó caja de estopas. Este sistema de compensadores presenta el inconveniente de que, si las cajas de estopas no están bien cuidadas y engrasadas con frecuencia, ó se aprietan demasiado, pueden ser inútiles, y producirse la ruptura de los tubos, de lo cual podríamos citar algunos ejemplos. Lo mejor es evitar, en cuanto se pueda, la necesidad de los compensadores. Cuando se emplean tubos de cobre ó de hierro estirado, delgados casi siempre, podemos disponer las cosas de modo que no se necesitan compensadores, y aun en los casos en que se necesitan, pueden ser suplidos por la elasticidad de los tubos delgados, y sobre todo por las partes curvas de la tubería.

Observacion. Todos los calculos relativos al sistema de calentamiento y ventilacion que acabamos de describir, pueden verse detalladamente en el capítulo 6.°

VII.

SEXTO SISTEMA. (DE MR. LEON DUVOIR-LEBLANC.)

Calentamiento.—*Por circulacion de agua caliente en tubos y estufas colocados en los locales mismos que deben ser calentados.*

Ventilacion.—*Por chimeneas de aspiracion por arriba.*

Este sistema se compone en principio:

De un hogar con su caldera de agua caliente.

De una gran estufa colocada en el punto más alto del circuito que ha de recorrer el agua caliente, y que sirve de vaso de expansion y de estufa de ventilacion.

De un tubo que parte de la caldera y conduce el agua caliente á la estufa de ventilacion.

De varios tubos ó ramales de retorno, que toman el agua caliente de la gran estufa y la hacen circular por tubos y estufas colocados en las salas, donde se enfria cediendo su calor al aire, y volviendo otra vez á la caldera.

De una chimenea de aspiracion por arriba, donde va colocada la gran estufa de ventilacion.

Claro es que la caldera, el tubo ascensional, las estufas y los tubos de retorno, están llenos completamente de agua, y casi llena la gran estufa de ventilacion, la cual no lo está del todo por servir al mismo tiempo de *vaso de expansion*, y tener por este motivo que dejar un espacio libre para la dilatacion del agua y contener algun vapor.

Veamos ahora las disposiciones empleadas.

La *figura* 51 es el corte longitudinal de las salas de enfermos, donde á más de estas, se ven, como siempre, la cueva y el desván.

La *figura* 52 es un corte horizontal del desván, dado por la línea *A A* de la *figura* 51.

La *figura* 53 es una planta de la sala de enfermos del piso bajo.

La *figura* 54 es un corte trasversal vertical de las salas de enfermos, dado por la línea *B B* de la *figura* 53.

En la cueva (*figuras* 51 *y* 54) se ve el hogar *H* con su caldera *C*. Los productos de la combustion de este hogar, van por un tubo *o* á un conducto-chimenea alojado en el mismo muro divisorio sobre que se apoya el hogar H. El conducto-chimenea mencionado sale por encima de la cubierta del edificio, terminándose allí por una porcion metálica. Las calderas empleadas por Mr. Duvoir suelen ser de hogar interior, pero esta forma no constituye circunstancia esencial. De lo alto de la caldera arranca un corto tubo, del cual deriva el verdadero tubo ascensional, que es de hierro estirado, como casi toda la tubería en este sistema, en que no se emplean más que tubos de pequeño diámetro (2 á 5 centímetros.) Este tubo ascensional, destinado á llevar el agua calentada en la caldera hasta la gran estufa de ventilacion situada en el desván, lo coloca Mr. Duvoir, siempre que le es posible, dentro del conducto-chimenea del hogar H, á fin de utilizar algo el calor perdido, y que el agua llegue más caliente á la gran estufa. Con este objeto, y para aumentar la superficie de calentamiento, en lugar de un solo tubo ascensional suele poner dos. Así aparece en nuestras figuras: dos tubos delgados parten de la caldera, se meten en el conducto-chimenea, salen de este y penetran en el desván, donde se reunen nuevamente en uno solo *x x*, que lleva definitivamente el agua caliente á la gran estufa de ventilacion.

Describamos ahora este importante aparato. La gran estufa de ventilacion llena un triple objeto: 1.° sirve de vaso de expansion, formando la parte mas elevada del circuito recorrido por el agua; 2.° sirve de distribuidor general de agua caliente para los ramales ó tubos de retorno, que llevan el agua caliente á las estufas colocadas en las salas; 3.° sirve para calentar el aire viciado y producir así una aspiracion.

La gran estufa de ventilacion se compone siempre de varias vasijas metálicas de forma cilíndrica y anular, en comunicacion entre sí, pero pudiendo quedar aisladas unas de otras por medio de llaves, y casi llenas de agua caliente. En nuestro proyecto, ajustado al sistema que describimos, la gran estufa de ventilacion está formada por un cilindro

grande central, atravesado por nueve tubos abiertos por ambos extremos, lo mismo que las estufas descritas en el sistema quinto. Al rededor de este cilindro, y en comunicacion con él, hay (véanse las *figuras* 51 *y* 52) ocho vasijas anulares cilíndricas. Todas estas vasijas van cerradas, y deben llevar una válvula de seguridad (una sola para todas), si se quiere calentar á mas de 100° el agua de la gran estufa (lo cual no aprobamos). Si no ha de pasar la temperatura de los 100°, no se necesita válvula de seguridad: todas las vasijas van entonces cerradas completamente, menos una (la central generalmente), cuya tapadera no está fijada, aunque se procura que ajuste bien, sino simplemente superpuesta.

El tubo que conduce el agua caliente á la gran estufa, y de que ya hemos hablado, va señalado en las *figuras* 51 *y* 52 con la letra *x*, y lleva una llave marcada con el número 1. Un ramal *rr*, provisto de su llave número 2, deriva del tubo *x* antes de la llave 1. El tubo *ss*, por donde sale de la gran estufa el agua caliente, lleva una llave señalada con el número 3. Los dos tubos *ss* y *rr* se reunen en *m*, de donde parten tres tubos, uno para cada sala. Cada uno de ellos desciende hasta el suelo de la sala que debe calentar, y recorre un canal central análogo al descrito minuciosamente en el sistema quinto, y como este, alojado en el espesor del suelo de la sala. Sobre este canal y en cada sala, hay tres estufas llenas de agua caliente, análogas á las descritas en el sistema quinto, atravesadas de parte á parte por un gran tubo central, y por otros doce de menor diámetro al rededor del primero. El tubo que conduce el agua caliente, y que va alojado en la canal del suelo, tiene tres soluciones de continuidad, una bajo cada estufa; pero estas soluciones de continuidad son llenadas por las estufas, de tal modo que el agua, para volver á la caldera, tiene forzosamente que entrar y salir por las tres estufas, despues de lo cual vuelve á entrar en ella por la parte inferior. Todo esto puede verse en las *figuras* 51, 52, 53 *y* 54.

Tambien pueden disponerse las cosas de un modo algo diferente, que tiene la ventaja de permitir el aislar del circuito una ó mas estufas, sin que por esto se interrumpa el calentamiento de las demás. Para conseguir este resultado, el tubo principal que se encuentra bajo las estufas, alojado en el canal central del suelo, no deberá cortarse bajo

cada estufa, ni tener soluciones de continuidad, como se ven en la *figura* 51, sino que llevará bajo cada estufa, y entre los dos ramales de esta, una llave que, cuando se cierra, establece la solucion de continuidad. Cuando se quiere que las tres estufas de una sala funcionen á la vez, se cerrarán las tres llaves del tubo mencionado; entonces el agua caliente no podrá ir de un extremo al otro del tubo sin pasar por dentro de las estufas, cuyos ramales de entrada y salida deberán tener abiertas las llaves. Cuando se quiere aislar una estufa, ó que no funcione, sin interrumpir el calentamiento de las otras, se cerrarán las llaves de sus dos ramales, abriendo tambien la del tubo principal que está debajo; entonces el agua caliente pasará por esta llave sin entrar en la estufa, y esta se enfriará completamente, pudiéndose desmontar si hubiere necesidad de hacer una reparacion.

Marcha del agua. Supongamos abiertas las llaves 1 y 3 y cerrada la 2. El agua caliente de la caldera sube por los tubos ascensionales, llega al desván, recorre el tubo *x*, entra en la gran estufa de ventilacion, sale de esta por el tubo *ss*, llega al punto *m*, se divide allí en tres porciones, una para cada sala: cada porcion recorre el tubo que hay en el canal de la sala correspondiente y sus tres estufas; vuelve á la caldera por el camino mas corto, y entra en ella por la parte inferior.

En obsequio á la claridad del dibujo, hemos sacrificado algo de la verdad de la representacion: la parte descendente de los tubos va alojada en conductos ó cajas embutidas en los muros divisorios, y no como nosotros lo figuramos. Lo mismo hicimos con los tubos de vapor en el proyecto anterior.

Despues de lo explicado en el tercer proyecto, inútil nos parece decir la causa que origina el movimiento circulatorio del agua en el vasto circuito que recorre.

Debemos observar que en este sistema, aunque no haya presion alguna en la gran estufa de ventilacion, la presion en la caldera será siempre notable, y se mide por la altura de agua que sobre ella pesa. Si la altura de la gran estufa es de 20 metros sobre la caldera, la presion efectiva de esta será sensiblemente de 2 atmósferas, puesto que cada atmósfera equivale próximamente á 10 metros de agua. A esta presion

deberá sumarse la de la gran estufa (si esta funciona con presion de vapor), para tener la presion total en la caldera.

Marcha del aire nuevo. Todas las salas tienen dentro de su suelo, á mas del canal central *LLL*, que se ve en las *figuras* 51 *y* 54, y especialmente en la 53, varios conductos *RRR*, que partiendo de este canal central, vienen á abrirse paso al través del muro del patio interior del hospital. En la disposicion que representa la *figura* 53 aparecen seis conductos *RRR*, que suministran aire nuevo al canal central. Mr. Duvoir coloca algunas veces estos conductos de introduccion de aire nuevo, de manera que cada par de ellos sirva exclusivamente para una estufa, y en lugar de hacerlos desembocar directamente en el canal central debajo de la misma, los hace, al contrario, desembocar en puntos *hhhh* distantes de las estufas. De este modo, y por medio de diafragmas que dividen el canal central en porciones é independientes unas de otras, afectas á cada estufa, consigue el aislamiento de las corrientes de aire que acuden á ella, obligando tambien así á este aire á que recorra una determinada porcion del canal central *RRR*, donde empieza á calentarse. El aire nuevo atraviesa despues los trece conductos que cada estufa tiene, donde acaba de calentarse, y penetra por lo alto de las estufas en las salas, lo mismo que vimos que sucedia en el sistema quinto.

Marcha del aire viciado. En la parte baja de los muros de cada sala se abren catorce bocas de evacuacion, correspondientes á otros tantos conductos que suben hasta el desván, donde, lo mismo que en el ya descrito sistema quinto, desembocan, los de un lado en el conducto *M* (*figuras* 52 *y* 54), construido sobre el piso del desván, y los del otro lado en el otro conducto colector *M'*, paralelo al primero. Ambos colectores *M* y *M'* comunican con la parte baja de la chimenea *Y* (*figuras* 51, 52 *y* 54).

La gran estufa de ventilacion, ya explicada, va colocada en la ancha base de la chimenea. Esta chimenea *Y* arranca del suelo del desván y atraviesa la cubierta. Nada diremos de su construccion, que es análoga á la ya explicada en el artículo anterior. El aire viciado de dicha chimenea se calienta por la presencia de la gran estufa de ventilacion, y se eleva, produciendo la aspiracion en las salas, por los colectores *M* y *M'* y los cuarenta y dos conductos verticales de evacuacion. En virtud de

esta *aspiracion*, el aire viciado de las salas *sube* por los conductos de evacuacion, pasa á los colectores *M* y *M'*, entra en la chimenea *V*, atraviesa la gran estufa, se calienta, asciende por la chimenea y sale á la atmósfera.

Nótase aquí la razon que han tenido los franceses para llamar á estas chimeneas, de *aspiracion por arriba*, y al sistema, *sistema de aspiracion por arriba*. En él se obliga al aire viciado á subir siempre desde que sale de las salas. Así se distingue este del sistema de aspiracion ya explicado en los artículos primero, segundo y tercero, llamado *de aspiracion por abajo*, en el cual se obliga al aire viciado á descender para buscar la base de la chimenea de aspiracion.

En el sistema de Mr. Duvoir-Leblanc que acabamos de describir, la ventilacion de invierno se debe, no solo á la chimenea de aspiracion por arriba, y á la inyeccion independiente que producen los tubos de las estufas, sino tambien á los conductos de evacuacion que, llenos de aire viciado caliente, obran como verdaderas chimeneas.

En verano desaparecen las dos últimas causas de ventilacion, quedando solo la primera. El agua caliente de la gran estufa de ventilacion no puede entonces volver á la caldera por el mismo camino que recorre en invierno, porque no se quiere calentar. Hay para la época en que no se calienta un tubo de retorno especial, que es el *zzzzz* (*figuras* 51 *y* 52). En esta época el agua caliente asciende á la gran estufa por el mismo camino que en invierno, pero vuelve á la caldera por el tubo *zzzz*, alojado, como todos (en su parte vertical), en un conducto ó caja embutida en el muro divisorio. En el verano no funcionan en el desván más llaves que la 1 y la 4, las 2 y 3 están cerradas.

Es un grave inconveniente para un sistema de calentamiento y ventilacion, el que esta última dependa de aquel, de tal modo que no pueda disminuir el calentamiento sin disminuir la ventilacion, ni aumentar el uno sin hacer crecer la otra. Este inconveniente, que Mr. Péclet atribuye al sistema de Mr. Leon Duvoir-Leblanc, lo ha evitado este constructor, á quien no puede negársele una gran perspicacia y sentimiento intuitivo, que han suplido en él, hasta cierto punto, la falta de estudio, y que hacen que esta sea mas lamentable. Supongamos los aparatos arreglados á un régimen determinado, y tambien que queremos

disminuir el calentamiento sin que disminuya la ventilacion. Para ello no habrá más que hacer llegar á la gran estufa de ventilacion la misma cantidad de agua caliente que antes llegaba, y disminuir la que recorre las estufas. Para conseguir este doble objeto, se cierra en cantidad conveniente la llave 3, aminorándose así la cantidad de agua que recorre las estufas; y para que no disminuya la que llega á la gran estufa, se abre convenientemente la llave 4. De este modo, la parte de agua que no puede volver á la caldera por el antiguo camino, vuelve por el tubo *z z*.....

Supongamos que queremos disminuir la ventilacion, pero no el calentamiento. La llave 4 se supone cerrada. Se cierra convenientemente la llave 1, y con esto se disminuye la cantidad de agua que entra en la gran estufa: para que no disminuya la que recorre las estufas de las salas, se abre la llave número 2. Así, el agua que no entra en la gran estufa sigue su camino por el tubo *r r*, se reune con la parte que ha atravesado la misma y toda junta pasa á servir en el calentamiento. Otras veces consigue el mismo efecto Mr. Duvoir-Leblanc, aislando del movimiento circulatorio varios cilindros de la gran estufa, los cuales dejan entonces de servir de superficie de calentamiento.

Se ve, pues, que de varios modos se consigue la independencia entre el calentamiento y la ventilacion, y que no tiene razon Mr. Péclet cuando imputa á este sistema el grave defecto de la dependencia mútua y necesaria de ambas funciones.

Es evidente que la energía de la ventilacion tiende á ser mayor en invierno que en verano (véase el capítulo 4.°); pero la razon de esto estriba en otro género de consideraciones, que, en uno ú otro sentido y en más ó ménos cantidad, se aplican á todos los sistemas. ¿Cómo es posible negar la influencia perjudicial que tiene sobre la ventilacion, en este sistema, la falta en el verano de la accion aspirante de los conductos de evacuacion, que obran como verdaderas chimeneas en el invierno, y cuyo efecto viene, en esta última época, á aumentar el de la chimenea de aspiracion? Esta clase de dependencia entre el calentamiento y la ventilacion, es ciertamente mucho más notable en este sistema de aspiracion que en los otros, y constituye un mal que no podemos ménos

de reconocer, y que nosotros mismos hemos hecho patente en la comparacion establecida en el capítulo 4.°

Observacion. Todos los cálculos relativos al sistema de calentamiento y ventilacion que acabamos de describir, pueden verse detalladamente en el capítulo 4.°

VIII.

SÉPTIMO SISTEMA. (DE MR. HAMELINCOURT.)

Calentamiento.—*Por circulacion de agua caliente en tubos colocados dentro de los muros.*

Ventilacion.—*Por aspiracion á nivel.*

Las *figuras* 55 á la 62 se refieren á este sistema.

La *figura* 55 es un corte horizontal, por bajo de la superficie del terreno, de la parte del edificio que necesitamos para la descripcion. Se ven en ella las plantas de parte de las cuevas, y el pátio. En medio de la cueva situada bajo el ala posterior del edificio, se ve un hogar *H* con su caldera *C* de agua caliente, el conducto *a a* que lleva los productos de la combustion del hogar *H* á la chimenea *P*, y esta chimenea. Como sucede en toda circulacion de agua caliente, la caldera va completamente llena de agua, y toda su superficie puede, sin inconveniente alguno, ser envuelta y calentada por los productos de la combustion. De la caldera parte un tubo de pequeño diámetro, que va por el camino más corto posible, á un gran vaso de expansion, el cual no tiene otro objeto que servir para prestarse al aumento de volúmen que tome al calentarse el total volúmen de agua contenido en la caldera y en la gran tubería que compone el circuito, y reglar el nivel general del agua en todos los tubos, que son comunicantes. Este vaso de expansion va colocado en el desván, y ni él ni su tubo especial van representados en los dibujos. Es evidente que debe estar cubierto con una tapadera simplemente colocada, sin fijarla. La caldera lleva un corto tubo ascensional

de medio metro de largo, en cuyo extremo superior se unen dos tubos: el uno, *c c*..., marcha por la cueva hácia la izquierda para buscar la cueva *R*, situada bajo las salas de enfermos de un ala del hospital; el otro. *c' c'*..., marcha hácia la otra ala. Estos dos tubos conducen el agua caliente de la caldera á los tubos donde se ha de utilizar su calor.

Otros dos tubos *f* y *f'* salen de la parte baja de la caldera, y son los que han de volver á esta el agua que ha corrido parte del circuito, y que se ha enfriado. Lo que vamos á decir del calentamiento y ventilacion de un ala del hospital, quedará dicho de la otra.

Sigamos, pues, á los tubos *c c c*.... y *f f f*. El tubo *c c c*.... se divide en dos ramas que marchan paralelamente á los dos muros de la cueva *R*, y van muy cerca de estos muros. Lo mismo exactamente hace el tubo *f f*...., al cual no se le ve en la cueva *R* por proyectarse debajo del primero; de modo que tenemos, que donde va un tubo de agua caliente, va debajo otro para el agua enfriada, pero no comunican entre sí. El circuito no está, por lo tanto, cerrado. Ahora veremos cómo se cierra en muchos puntos, por medio de tubos verticales que son los que verdaderamente constituirán superficie de calentamiento.

Las *figuras* 61 *y* 62 nos hacen ver en gran escala de qué modo se cierra el circuito y se establece el movimiento circulatorio del agua. Hay tres tubos de fundicion de 5 á 12 centímetros de diámetro, verticales, que partiendo de las cuevas llegan hasta el desván, sobre los dos tubos horizontales *c* de agua caliente y *f* de agua enfriada. Estos tres tubos llevan en las figuras los números 1, 2 y 3. El tubo número 1 comunica con el tubo *c*, y el 2 y 3 con el *f* por medio de otros de cobre ó de hierro estirado, delgados, y provistos de llaves.

Los tubos 1, 2 y 3 comunican por su parte alta, situada ya en el desván, con un cilindro ó corto tubo horizontal de fundicion *P P*. El cilindro *P P* comunica libremente con la atmósfera por un tubo vertical delgado *r r*. Los tubos *c* y *f*, los 1, 2 y 3, el cilindro *P P* y un pequeño trozo del *r r*, están llenos de agua. El nivel del tubo *r r* viene determinado, y es igual al que haya en el vaso de expansion, como que todos los tubos comunican con la caldera, y por lo tanto comunican entre sí. Esto supuesto, si damos fuego á la caldera, el calor ganará

más fácilmente, por razones ya explicadas y que no debemos repetir, el tubo superior *c c* que el *f f*. El agua caliente del tubo *c c* subirá por el tubo número 1, descenderá por los 2 y 3, y volverá por el *f* á la parte baja de la caldera. Tendremos por lo tanto un movimiento circulatorio contínuo por el grupo de tubos 1, 2, 3. Si se quisiera disminuir la cantidad de calor que da el grupo de tubos 1, 2, 3, no hay más que cerrar una de las dos llaves, la 2 ó la 3, el agua no circulará ya por el tubo cuya llave se cerró, y este se quedará frio, y no constituirá superficie de calentamiento. Si todavía se quiere que dé ménos calor el grupo de tubos 1, 2, 3, se cierra un poco la llave número 1, y se disminuye la cantidad de agua que por el grupo de tubos circula, y por lo tanto el calor que puede dar por hora. Si se quiere que este grupo de tubos no dé ningun calor, á pesar de continuar el calentamiento de la caldera, se cierran las llaves de los tres tubos, y quedan fuera por completo del movimiento general. Lo mismo que hemos hecho con un grupo de tres tubos, puede hacerse con un grupo de dos, de cuatro, de cinco. Siempre habrá uno que comunicará con el tubo de agua caliente, y los otros con el tubo *f* de agua fria; por el primero subirá el agua, y bajará simultáneamente por los otros.

En un edificio calentado y ventilado por el sistema de Mr. Hamelincourt, hay muchos grupos de tubos como el que acabamos de explicar. De estos grupos, unos están afectos al calentamiento del aire nuevo que ha de entrar en las salas, otros al calentamiento del aire viciado para producir la ventilacion. Lo mismo el calentamiento del aire nuevo que el del aire viciado, se verifican en conductos verticales alojados en el interior de los muros. Veamos cómo.

El croquis número 56 representa el modo de calentar el aire nuevo. Se ve en esta figura un conducto en el muro, dentro del cual se aloja un grupo de tubos, que constituyen un circuito parcial derivando del circuito general, como ya hemos explicado. El aire nuevo para la sala del piso bajo viene de la cueva, se calienta en el conducto por el contacto de los tubos, y penetra ya caliente en la sala por lo alto de esta, como las flechas indican claramente. Diafragmas ó tabiques horizontales dividen el conducto del muro en trozos, afectos cada uno á una sala.

El aire nuevo para la sala del piso primero se toma del exterior por la abertura *a*, se calienta en el conducto del muro por el contacto con los tubos, y entra caliente en la sala por *b*. Lo mismo decimos de la última sala.

El croquis número 57 representa un conducto general *a b c d* de aire viciado, alojado, lo mismo que el anterior, en el muro. Este conducto general de aire viciado, aparece en el dibujo *cortado* por un plano *paralelo á los paramentos* del muro, porque cortado de otro modo no serviria bien para la explicacion. Los tres rectángulos sombreados que se ven, son las bocas de evacuacion del aire viciado, ó sean las aberturas por donde el aire viciado de las salas entra en los conductos de evacuacion. Estas bocas están, como siempre, al nivel del piso de las salas. El conducto general *a b c d* queda dividido longitudinal ó verticalmente en tres conductos parciales, de los cuales el *r r*..... está afecto á la ventilacion de la sala baja; el *s s*..... á la ventilacion de la sala del piso primero; el *x x*..... á la ventilacion de la sala del piso segundo. Diafragmas ó tabiques horizontales y verticales hacen la conveniente distribucion del conducto general, y obligan al aire viciado de cada sala á calentarse por el contacto con los tubos, y á seguir el camino que le marcan las flechas de la figura, hasta llegar al punto *Z*, en que todo el aire viciado marcha ascendiendo en un conducto único.

Despues de lo dicho, una simple ojeada sobre las *figuras* 58, 59 *y* 60 nos hace ver el sistema en toda su extension.

La *figura* 58 es el corte longitudinal de las salas de enfermos con la cueva y desván.

La *figura* 59 un corte trasversal vertical de las salas, que no pasa por el centro de estas.

La *figura* 60 es un corte horizontal del desván por la línea *A A* de la *figura* 58.

Las salas de enfermos de nuestro hospital tienen 6 huecos en cada muro longitudinal, y 7 macizos; total 14 macizos. De estos 14 macizos, 6 están destinados á contener cada uno un conducto general de evacuacion de aire viciado, y 8 á la introduccion de aire nuevo. Estos últimos llevan la letra *n* (*figuras* 58, 59 *y* 60), y los destinados á la

aspiracion del aire viciado llevan la letra *v*. En el corte trasversal (*figura* 59) hemos representado, en un lado un conducto de introduccion, en el otro la evacuacion del aire, faltando á la verdad del dibujo, pero en obsequio á la economía de figuras y de tiempo.

En la cueva (*figuras* 58 *y* 59) se ven los tubos horizontales ya mencionados, *e* y *f*, y las bocas de los conductos verticales de los muros, donde se alojan los grupos de tubos que componen los circuitos parciales. Cada uno de los 6 conductos de evacuacion encierra un circuito parcial, formado por 4 tubos; cada uno de los 8 de introduccion contiene otro circuito formado de 3 tubos, como puede verse en las aberturas de los conductos en la cueva de la *figura* 58.

Inútil nos parece indicar cuál es la marcha y calentamiento del aire nuevo, que se ve á la simple inspeccion de la *figura* 59, en la derecha de esta figura.

Si los conductos, tanto los de introduccion del aire nuevo como los de evacuacion del aire viciado, vienen á abrirse por abajo en la cueva, por lo alto se abren en el desván, y allí se presentan, y se pueden inspeccionar fácilmente, los cilindros *P P P*, en que terminan todos los circuitos parciales ó grupos de tubos (*figuras* 58, 59, 60 *y* 62).

La planta del desván (*figura* 60) nos manifiesta la manera de dirigir el aire viciado hácia la chimenea, por medio de seis conductos de tabiques de ladrillo con yeso, construidos sobre el mismo suelo del desván. La chimenea, ligera, construida como en el sistema quinto, parte del mismo suelo del desván.

Las flechas grandes indican, como siempre, la marcha del aire nuevo, y las pequeñas la del aire viciado.

El sistema de ventilacion que acabamos de describir, y en el cual el aire viciado empieza á calentarse en los mismos conductos de evacuacion y desde el suelo de cada sala, se llama por esta razon *aspiracion á nivel*. Los conductos de evacuacion hacen el papel de chimeneas de aspiracion, lo mismo en invierno que en verano. En esta última época se cierran las llaves de los grupos de tubos afectos al calentamiento, y no funcionan más que los de la ventilacion, que son aquellos que están alojados en los conductos de evacuacion.

Observacion. Todos los cálculos relativos al sistema actual de calentamiento y ventilacion que acabamos de describir, pueden verse detalladamente en el capítulo 6.°

Otra. El capítulo 6.°, no solamente se refiere al estudio práctico de los proyectos de calentamiento y ventilacion, sino que conteniendo consideraciones importantes para cada sistema, y dimensiones y datos particulares á cada uno, forma el complemento de la descripcion que hemos dado en el capítulo que aquí terminamos.

CAPITULO IV.

Comparacion de los sistemas de ventilacion.

I.

COMPARACION DE LOS TRES SISTEMAS DE ASPIRACION DEL AIRE VICIADO, LLAMADOS POR LOS FRANCESES DE ASPIRACION POR ABAJO, DE ASPIRACION Á NIVEL, Y DE ASPIRACION POR ARRIBA.

Para hacer la comparacion de los tres sistemas de aspiracion del aire viciado, empezaremos por recordar la fórmula general práctica que da la velocidad de salida del aire caliente por una chimenea, cuando este tiene que recorrer un circuito más ó ménos largo, que reuna todas las irregularidades que pueden presentarse en la ventilacion de los edificios. No emplearemos la fórmula que Mr. Péclet emplea en la última edicion de su obra, cambiando la que habia usado en las anteriores. Emplearemos la de Mr. Morin, que deducida del principio de las fuerzas vivas, y comprobada por muchos ingenieros especialmente dedicados al calentamiento y ventilacion de edificios, entre los que citaremos á

Mr. Guerin, y por el mismo Mr. Morin, puede emplearse con completa confianza. Dicha fórmula es la siguiente:

$$V = \sqrt{\frac{2g\left(\frac{D-d}{d}\right)H}{\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 + \left(\frac{A}{m' A'} - 1\right)^2 + \left(\frac{1}{m''} - 1\right)^2 + \left(1 - \frac{A}{O}\right)^2 + \frac{2SL\zeta}{A}}}$$

El denominador tiene seis términos. Todos ellos representan pérdidas de fuerza viva que el aire experimenta en todo su camino. Veamos lo que cada uno significa, para lo cual conviene tener á la vista la *figura 7.*

$\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2$ se refiere á la pérdida de fuerza viva que proviene de la velocidad que tiene el aire al marcharse á la atmósfera por la abertura superior ó boca de la chimenea.

A representa la seccion general de la chimenea.

A_1 la abertura superior ó boca de la chimenea (seccion ó área de la boca). Esta abertura suele hacerse en las chimeneas de ventilacion algo mas pequeña que A, para aumentar la velocidad de salida é impedir con ello que el viento pueda perjudicar notablemente al tiro. Esta disposicion viene á reemplazar los apéndices de que suelen coronarse las chimeneas de poca velocidad, para impedir tambien la nociva influencia del viento sobre el tiro. En las chimeneas comunes de ventilacion, la velocidad del aire suele ser de unos 2 metros: cuando se estrechan en la boca, se hace solamente lo necesario para que la velocidad de salida sea de 3 metros por segundo. En este caso, el término $\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2$ vale 2,25.

Cuando la boca de la chimenea no se estrecha, $A = A_1 m_1$; y entonces el término $\left(\frac{A}{m_1 A_1}\right)^2$ vale 1.

El segundo término del denominador, que es $\left(\frac{1}{m} - 1\right)^2$, se refiere á la pérdida de fuerza viva que experimenta el aire al entrar en el circuito, ó sea en *b* (véase la *figura* 7). El coeficiente m vale 0,60.

El tercer término del denominador, que es $\left(\frac{A}{m' A'} - 1\right)^2$, se refiere á una angostura en el circuito, donde se extrangula la vena flúida, como representa la figura en *c*. Tal es, por ejemplo, el caso en que *todo* el aire aspirado tiene que atravesar el combustible de una rejilla, caso el mas desfavorable de la práctica, y en el cual este término vale 81, segun los experimentos de Mr. Tresca y de Mr. Morin. A' es la seccion angostada (su área), y m' un coeficiente igual á 0,60.

El cuarto término del denominador, que es $\left(\frac{1}{m''} - 1\right)^2$, se refiere á un codo ó cambio de direccion del circuito ó série de conductos que el aire recorre. m'' vale 0,70.

El quinto término del denominador, que es $\left(1 - \frac{A}{O}\right)^2$, se refiere á un ensanche *s* (véase la *figura* 7) en el circuito. O es la seccion de la parte ensanchada.

El sexto término del denominador, que es $\frac{2SL\zeta}{A}$, se refiere al rozamiento del aire contra las paredes del conducto.

S es el contorno ó perímetro de la seccion trasversal de la chimenea.

L es la longitud total del circuito recorrido por el aire, que se supone de una seccion media A.

ζ es el coeficiente de rozamiento, que, segun Mr. Morin, vale 0,01 para las superficies rugosas ordinarias.

Veamos ahora lo que representan las letras del numerador de la fórmula.

g es el valor de la gravedad.

D es el peso del metro cúbico del aire exterior ó frio.

d el peso del metro cúbico del aire calentado.

H la altura de la chimenea.

Cada uno de los términos del denominador debe repetirse tantas veces como se repita la circunstancia que lo origina. Por ejemplo, si hay 4 codos en el circuito, habrá en el denominador cuatro términos iguales á $\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2$; de modo que el término relativo á los codos sería $4\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2$ en vez de $\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2$ que hay en la fórmula

---

Antes de entrar en la comparacion de los tres sistemas de aspiracion, vamos á describirlos. Los croquis (*figuras números* 6, 8 *y* 9) representan *en principio* los tres sistemas. En estos croquis se han sacrificado los detalles y la verdad de la representacion gráfica á la claridad de la explicacion, para que se comprenda con un solo corte y á la simple inspeccion de las figuras, cada sistema. A la izquierda de las figuras se representan las entradas del aire.

Primer sistema: Aspiracion por arriba, llamado tambien sistema de Duvoir-Léblanc.

La *figura* 6 representa este sistema en un edificio que tiene piso bajo, primero y segundo. *O* representa el aparato que calienta el aire viciado antes de entrar ó al entrar en la verdadera chimenea *X*. El aparato *O* puede (en principio) ser un hogar, ó una estufa ó série de tubos de agua caliente, ó una série de tubos calentados interiormente por el vapor, ó una série de tubos delgados de hierro con un cierto número de mecheros de gas: está siempre colocado en la bohardilla del edificio. La chimenea *X*, que arranca desde la bohardilla, no puede ser larga, teniendo por regla general de 6 á 8 metros. El aire viciado en los diferentes pisos se dirije por los conductos ascendentes de evacuacion, á la cámara donde está el aparato *O*. En esta cámara se reunen los contingentes de aire que suministran todos los conductos de evacuacion, y se calientan y ascienden por la chimenea *X*.

Segundo sistema: Aspiracion á nivel, llamado tambien sistema de Hamelincourt.

La *figura* 8 representa este sistema. El aire viciado se encuentra en el mismo conducto de evacuacion con los tubos que lo calientan en toda la altura de cada piso: con la temperatura adquirida continúa el movimiento ascensional hasta los desvanes del edificio, donde penetra en una corta chimenea general de evacuacion.

Tercer sistema: Aspiracion por abajo, llamado tambien sistema de Grouvelle.

La *figura* 9 representa este sistema. El aire viciado en cada piso debe descender por los conductos de evacuacion para venir á reunirse en la base de una gran chimenea de aspiracion, donde se calienta artificialmente de un modo cualquiera, pero casi siempre por un hogar allí colocado, y que se alimenta con el mismo aire viciado. A estas chimeneas de aspiracion se las da por término medio 25 metros de altura, y una seccion que corresponde próximamente á una velocidad de 2,5 metros del aire viciado. Lo mismo esta chimenea que las cortas de los dos sistemas anteriores, deben ser de ladrillo. Estas últimas, como es preciso que sean muy ligeras porque han de sostenerse sobre el edificio, se ha-

cen con una armazon de madera formando un entramado, que sostiene los ladrillos colocados como para un tabique y puestos en obra con mortero. El todo, despues de terminado, se enluce por fuera con buen mortero hidráulico. No deben emplearse nunca para chimeneas de aspiracion las chimeneas metálicas, que suelen emplearse algunas veces en calderas de vapor y muchas en los caloríferos. La razon está en la pequeña diferencia de temperaturas que origina el movimiento del aire viciado en las chimeneas de aspiracion, diferencia de temperaturas que debe ser en todo tiempo de unos 25 grados. No sería económico el hacer marchar las chimeneas de aspiracion con una mayor diferencia de temperaturas, aunque algunas veces suele hacerse por necesidad y para aumentar el tiro, ya sea porque las chimeneas tienen una seccion insuficiente, ya porque lo es la altura, ó ya por otras causas. Las chimeneas metálicas tienen el inconveniente de enfriar notablemente el aire viciado, y hacer mas pequeña aún la referida diferencia de temperaturas. El enfriamiento del aire viciado en las chimeneas de aspiracion de paredes gruesas ordinarias es despreciable, y en las cortas, construidas como acabamos de decir, es muy pequeño. En las chimeneas cortas de los dos primeros sistemas, no se emplea para calentar el aire mas que el agua caliente ó el vapor.

El uso de un hogar directo á fuego desnudo en los desvanes, tiene el inconveniente del peligro de un incendio, y de exigir la presencia frecuente de una persona. Empleándose el agua caliente ó el vapor para calentar el aire viciado en las chimeneas cortas que parten de los desvanes, no hay inconveniente alguno en que la armazon de las chimeneas se construya con madera, la cual quedará recubierta con yeso al interior y con mortero hidráulico al exterior.

Vamos á hacer la comparacion de los tres sistemas de aspiracion del aire viciado por la accion directa del calor, sirviéndonos de las fórmulas tan exactas como completas de Mr. Morin, pero antes debemos hacer una advertencia.

Este estudio comparativo ha sido ya tratado someramente por Mr. Péclet; pero este sábio profesor parte de una fórmula fundamental inexacta, como dice muy bien Mr. Morin en sus *Estudios sobre la ventila-*

cion (tomo I, pág. 167, párrafo 103). Además de esto, Mr. Péclet no entra en la comparacion de lleno, sino que haciendo una hipótesis de igualdad de resistencias pasivas, que no puede admitirse, despreciando aquí esta causa, suponiendo allá que el aire viciado se enfrie por completo antes de llegar á la chimenea de aspiracion por abajo, y haciendo todo esto en obsequio á la brevedad, y sin calcular la influencia, en los resultados finales, de lo que iba despreciando y suponiendo, llega á conclusiones exajeradas.

Mr. Morin ha abordado el mismo estudio con mejores armas, puesto que las fórmulas que emplea son irreprochables, y nada desprecia, y toma como datos los que por término medio se refieren á la práctica de la ventilacion. Pudiéramos, por lo tanto, tomar las conclusiones de Mr. Morin, y no entrar, á nuestra vez, en un estudio completamente hecho. Tres razones tenemos sin embargo para emprenderlo. La primera es que Mr. Morin ha sufrido algunas distracciones de importancia en la aplicacion de la fórmula general á los diferentes casos que considera; distracciones que notó más tarde el sábio director del Conservatorio de Artes, pero que no ha corregido completamente en los *Estudios sobre la ventilacion*. La segunda es, la necesidad de completar el estudio para la ventilacion de verano, cosa importantísima. Mr. Morin no estudia esta segunda parte; y parece, al deducir sus consecuencias para la ventilacion de invierno, que son aplicables al verano, cuando algunas no lo son. El hacer solo la mitad del estudio, la comparacion atendiendo únicamente á lo que sucede en invierno, puede inducir á graves errores. La tercera razon es que, teniendo la temperatura exterior una cierta influencia en este estudio, y siendo tan diferentes las temperaturas medias mensuales de París y de Barcelona, por ejemplo, conviene investigar hasta qué punto esta causa, ó sea el clima, puede influir en los resultados. Siempre que tengamos que contradecir algo de Mr. Morin, demostraremos nuestro fundamento.

Aspiracion por abajo. (*Véase la* figura 9.)

Estudiemos la presion motriz que produce el movimiento del aire en el primer piso, y representemos los datos de la cuestion con las mismas letras respectivamente con que los representa Mr. Morin.

H, es la altura de la chimenea desde la boca superior de ella hasta el nivel del suelo del piso bajo (*figura* 9).

h_1, es la altura de conducto vertical de evacuacion, que hay desde el suelo del piso bajo hasta el punto más bajo del circuito recorrido por el aire viciado.

h', es la altura de cada piso, igual para todos.

D, es el peso del metro cúbico de aire exterior á la temperatura á que se encuentre.

d', es el peso del metro cúbico del aire de las salas. Este aire está en invierno, esto es, cuando hay calentamiento, á una temperatura más elevada que el exterior; pero en verano, ó sea cuando no se calienta el edificio, se puede suponer que está á la misma temperatura que el exterior, y entonces *D* y d' son iguales.

d_1, es el peso del metro cúbico de aire viciado, calentado artificialmente en *O*. Este aire llena toda la chimenea desde *O* hasta la boca superior.

Los pesos de la unidad de volúmen de aire *D* d' y d_1, se deducen fácilmente de la temperatura exterior, de la interior de las salas y conductos de evacuacion, y de la interior de la chimenea, respectivamente.

La presion motriz que pone en movimiento el aire del piso bajo, es la diferencia de presiones que se ejercen de fuera adentro de las salas, en las bocas de introduccion y de evacuacion, ó sea en *m* y en *n*, como indica la figura. Hallemos estas presiones.

Presion en *m* de fuera adentro de las salas. Esta presion estará representada y medida por el producto de la altura *H* de aire frio por su densidad *D*, ó peso del metro cúbico, esto es, por *H D*.

Presion en n de fuera de las salas hácia adentro. Esta presion estará medida por

$$H\,d_1+h_1\,d_1-h_1\,d'$$

(suponiendo que el trozo de conducto de evacuacion h_1 tiene la misma densidad ó temperatura que el aire de las salas).

La presion motriz será pues:

$$H\,D-(H\,d_1+h_1\,d_1-h_1\,d')=(D-d_1)\,H+(d'-d_1)\,h_1,$$

y la fórmula que dará la velocidad de salida por lo alto de la chimenea será para el piso bajo:

Velocidad correspondiente al piso bajo.

$$V=\sqrt{\frac{\left\{(D-d_1)\,H+(d'-d_1)\,h_1\right\}\frac{2g}{d_1}}{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+3\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2+\frac{2S\varsigma L}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\zeta}{A}(H+h_1)}}$$

en la cual hemos dicho lo que significa cada letra. Lo único que resta advertir es, que el término

$$3\left(\frac{1}{m''}-1\right)\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2$$

lleva el coeficiente 3, porque el aire viciado tiene que recorrer tres codos, como indica la figura; que en el final del denominador hay dos términos relativos al rozamiento: el penúltimo se refiere al rozamiento del aire viciado en la parte del circuito $rs+sz$ (*figura* 9), cuya longitud se representa en la fórmula por la letra L; que el último término se refiere al rozamiento en toda la chimenea, cuya longitud es $H+h_1$.

Hallemos ahora la velocidad del aire viciado correspondiente al primer piso. Mr. Morin afirma que el numerador del quebrado sub-radical

queda el mismo para todos los pisos. (*Etudes sur la ventilation*, pág. 217, tomo I.) «Le numérateur reste le même pour tous les étages, puisque H, h_1 et d_1 sont communs à.....» Nada es ménos cierto sin embargo, y para convencernos de ello, calculemos la presion motriz que origina el movimiento en el primer piso.

La presion en m' de fuera adentro de las salas será

$$(H-h')\,D.$$ (Véase la *figura* 9.)

La presion en n' de fuera adentro será

$$H\,d_1+h_1\,d_1-h_1\,d'-h'\,d'.$$

La presion motriz, que es la diferencia de las dos anteriores, será:

$$H\,D-h'\,D-H\,d_1-h_1\,d_1+h_1\,d'+h'\,d'=(D-d_1)\,H+(d'-d_1)\,h_1-(D-d')\,h'$$

y la velocidad de salida correspondiente al primer piso será:

Velocidad correspondiente al primer piso.

$$V=\sqrt{\frac{\left\{(D-d_1)\,H+(d'-d_1)\,h_1-(D-d')\,h'\right\}\frac{2g}{d_1}}{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+3\left(\frac{1}{m'}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2+\frac{2S\zeta L}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\zeta}{A}(H+h_1)}}$$

Nota. L en este caso vale h' + la longitud $r\ s$ + la longitud $s\ z$. (Véase la figura.)

Vemos, pues, que ni el numerador, como afirma Mr. Morin, ni el denominador (porque aumenta L en h', ó sea en toda la altura del piso bajo), quedan los mismos que en el caso anterior. Estas diferencias son muy esenciales en la discusion de los resultados de los sistemas, é indican la amplitud de la irregularidad de la ventilacion en cada piso.

Del mismo modo encontraríamos que la velocidad correspondiente al segundo piso es:

Velocidad correspondiente al segundo piso.

$$V=\sqrt{\frac{\left\{(D-d_1)\,H+(d'-d_1)\,h_1-2\,(D-d')\,h'\right\}\frac{2g}{d_1}}{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+3\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2+\frac{2S\mathfrak{C}L}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\zeta}{A}(H+h_1)}}$$

cuyo numerador difiere del de la primera fórmula más aún que de la segunda.

Nota. L, para el segundo piso, vale

$$2\,h'+rs+sz.$$

O' representa en todas las fórmulas la superficie de la seccion que presenta el circuito general del aire viciado en la cámara donde está el hogar ó aparato que lo calienta.

Vamos á hacer aplicacion de estas fórmulas á un caso práctico, referente á la ventilacion de Barcelona en el mes de enero.

Supondremos la temperatura exterior de 8°. La de las salas calentadas de 18°. La del aire viciado, calentado en la chimenea general de aspiracion, de 33°. De modo que la diferencia de temperaturas del aire de la chimenea y del exterior será de

$$33^\circ-8^\circ=25^\circ,$$

que es la diferencia que conviene tener en toda estacion. Una diferencia mayor sería muy costosa; menor, no aseguraria una conveniente velocidad con las alturas ordinaria y aun máximas de las chimeneas de ventilacion.

Supongamos que la vena gaseosa del aire viciado no sufre ningun

ensanche brusco al pasar por la cámara O donde se calienta, de modo que $\frac{A}{O'}=1$, que es el caso más favorable.

$D=1{,}265\ldots$ $d'=1{,}222\ldots$ $d_1=1{,}160$ son los pesos del metro de aire á las temperaturas de $8°\ldots 18°\ldots\ldots 35°$ respectivamente,
$m=0{,}60\ldots\ldots\ldots\ldots$ $m''=0{,}70$.

Supongamos que la chimenea no está angostada en la boca, sino que tiene en ella la seccion constante A. Entonces $\frac{A}{m_1 A_1}=1$.

Supongamos que la altura $H=25$ metros. (Véase la figura.)

Supongamos que $h_1=5$ metros; lo que da para toda la chimenea 30 metros de altura. rs es lo mismo que $h_1=5$ metros.

Supongamos que la porcion de circuito $s\,z$ vale ó tiene 8 metros.

Supongamos que la altura de los pisos es de 6 metros, de modo que $h'=6$.

Supongamos que S, perímetro de la seccion de la chimenea, es de 4 metros. $S=4$.

Supongamos que A, área de la seccion de la chimenea, es 1 metro cuadrado. $A=1$.

Las dos últimas hipótesis equivalen á decir que la seccion de la chimenea es un cuadrado cuyo lado es 1 metro.

ζ, sabemos que vale 0,01; $\zeta=0{,}01$.

Sustituyendo estos valores en las fórmulas que acabamos de dar, encontraremos que en el sistema de aspiracion por abajo, las velocidades correspondientes á cada uno de los pisos serán:

Velocidad correspondiente al piso bajo.....	3,04	metros.
Velocidad correspondiente al primer piso.....	2,81	»
Velocidad correspondiente al segundo piso.....	2,61	»

Aspiracion á nivel. (*Véase la* figura 8.)

Haciendo el mismo estudio para este sistema, encontraremos las fórmulas que nos dan las respectivas velocidades para los tres pisos, que son las siguientes:

Velocidad correspondiente al piso bajo.

$$v = \sqrt{\frac{(D-d_1)\,H\frac{2g}{d_1}}{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2+\frac{2S\zeta}{A}H}}$$

Velocidad correspondiente al primer piso.

$$v = \sqrt{\frac{(D-d_1)(H-h')\,\frac{2g}{d_1}}{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2+\frac{2S\zeta}{A}(H-h)}}$$

Velocidad correspondiente al segundo piso.

$$v = \sqrt{\frac{(D_1-d_1)\,(H-2h')\,\frac{2g}{d_1}}{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2+\frac{2S\zeta}{A}(H-2h')}}$$

Haciendo las mismas sustituciones en estas fórmulas que hicimos en el caso anterior, encontraremos:

Velocidad correspondiente al piso bajo.....	3,49	metros.
Velocidad correspondiente al primer piso.....	3,30	»
Velocidad correspondiente al segundo piso.....	2,95	»

Aspiracion por arriba. (*Véase la* figura 6.)

Las fórmulas que sirven para encontrar las velocidades reales correspondientes á los diferentes pisos en este sistema, son las siguientes:

Velocidad correspondiente al piso bajo.

$$v=\sqrt{\frac{\left\{(D-d')H+(d'-d_1)h_1\right\}\frac{2g}{d_1}}{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{1}{m'}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2+\frac{2S\zeta(H-h_1)}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\zeta}{A}h_1}}$$

Velocidad correspondiente al primer piso.

$$v=\sqrt{\frac{\left\{(D-d')(H-h')+(d'-d_1)h_1\right\}\frac{2g}{d_1}}{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{1}{m'}\right)-1^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2+\frac{2S\zeta(H-h'-h_1)}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\zeta}{A}h_1}}$$

Velocidad correspondiente al segundo piso.

$$v=\sqrt{\frac{\left\{(D-d')(H-2h')+(d'-d_1)h_1\right\}\frac{2g}{d_1}}{\left(\frac{A}{m_1A_1}\right)^2+\left(\frac{1}{m}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{1}{m'}-1\right)^2\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\left(\frac{1}{O'}\right)-1^2+\frac{2S\zeta(H-2h'-h_1)}{A}\left(\frac{d_1}{d'}\right)^2+\frac{2S\zeta}{A}h_1}}$$

En estas fórmulas sustituiremos en vez de h_1 7 metros; de modo que

$$h_1=7.$$

En este sistema no puede fácilmente darse mayor altura á la chime-

nea. Estos 7 metros, que tiene de altura sobre el suelo del desván ó boardilla la verdadera chimenea, unidos á los

$$5\times6=18$$

del edificio, componen los 25 metros de *H*. En lugar de las demás letras sustituiremos los mismos valores que antes, y tendremos

Velocidad correspondiente al piso bajo..... 2,70 metros.
Velocidad correspondiente al primer piso..... 2,62 »
Velocidad correspondiente al segundo piso..... 2,55 »

Reuniendo los resultados obtenidos en una tabla, para poder abarcarlos de una ojeada, y compararlos, tendremos:

Ventilacion de invierno.	Velocidades del aire viciado en los tres sistemas de aspiracion.		
PISOS.	POR ABAJO.	A NIVEL.	POR ARRIBA.
Piso bajo.....	3,04 met.	3,49 met.	2,70 met.
Primer piso.....	2,81 »	3,30 »	2,62 »
Segundo piso.....	2,61 »	2,95 »	2,55 »

Desde luego haremos observar, que los resultados contenidos en esta tabla, referentes, como son, al caso más ordinario, á las condiciones y circunstancias más comunes de la ventilacion de grandes edificios, se prestan perfectamente á la comparacion de los tres sistemas. Podrán variar algo en ciertos casos las alturas de las chimeneas ó de los pisos, las temperaturas, la longitud de ciertas partes del circuito recorrido

por el aire viciado, etc.; pero todas las variaciones de esas cantidades en los límites ordinarios en que pueden suceder en la práctica, no darán resultados muy distantes de los que contiene la tabla. Aun exajerando mucho los datos, y saliéndose fuera de lo que la conveniencia y la economía aconsejan, siempre sucederá que si cambian notablemente las velocidades en un caso particular, en las mismas condiciones, tambien cambiarán en los otros, guardando dichas velocidades las relaciones que se deducen de la tabla, próximamente.

Hecha esta observacion, deduzcamos ahora de esta tabla las consecuencias que se desprenden.

Primera consecuencia. Bajo el punto de vista de la velocidad, ó sea de la energía de la ventilacion, para una misma diferencia de 25° entre el aire viciado calentado y el aire exterior, el sistema mejor es el de la aspiracion á nivel; sigue despues el sistema de la aspiracion por abajo; y el ménos ventajoso es el de la aspiracion por arriba.

Segunda consecuencia. Los tres sistemas adolecen del defecto de no producir la misma energía de la ventilacion en los tres pisos. Si no se regula la ventilacion de los tres pisos por medio de registros, el piso bajo estará en todos los sistemas mejor ventilado que el primero, y este mejor que el segundo.

Tercera consecuencia. Las diferencias de velocidad en un mismo piso para los tres sistemas, no son tan considerables que puedan por sí solas, y sin consultar otros puntos de vista, decidirnos á aceptar como más ventajoso el que es mejor bajo un solo aspecto.

Aquí debemos advertir que estas consecuencias se refieren á la ventilacion media de invierno, ó sea á la ventilacion cuando el edificio se calienta. ¿Qué sucederá en el verano? ¿No habrá lugar á modificar tal vez completamente esas consecuencias. Debemos decir que han sido hasta ahora aceptadas por todos, que sepamos, incluso Mr. Morin, que las generaliza, acaso sin acordarse en aquel momento de que era preciso comparar los sistemas en el período difícil, ó en el período en que la ventilacion es más costosa porque no tiene el auxiliar del calentamiento, ó sea en el verano, que es, como dijo Mr. Péclet con mucha razon, la piedra de toque de los sistemas de ventilacion.

No repetiremos largos y pesados cálculos, hechos para llegar á obtener la tabla de ventilacion de verano. Diremos solamente que están hechos sobre la base de una temperatura exterior de 26°, media del mes de más calor en Barcelona, y una temperatura del aire viciado, en la chimenea, de 51°, lo que hace una diferencia de temperaturas para la ventilacion de

$$51°-26°=25°.$$

Las demás condiciones y datos quedan los mismos que los correspondientes á la ventilacion de invierno.

Ventilacion de verano.	Velocidades del aire viciado en los tres sistemas de aspiracion.		
PISOS.	POR ABAJO.	A NIVEL.	POR ARRIBA.
Piso bajo.....	3,09 met.	3,40 met.	1,86 met.
Primer piso.....	2,98 »	3,17 »	1,97 »
Segundo piso.....	2,87 »	2,86 »	2,15 »

De esta tabla se deducen la consecuencias siguientes:

Primera. Bajo el punto de vista de la energía de la ventilacion, para una misma diferencia de temperatura, el sistema más ventajoso es el de la aspiracion á nivel: sigue el de la aspiracion por abajo; y luego el de la aspiracion por arriba.

Segunda. Los tres sistemas *adolecen* del mismo defecto de no producir la ventilacion con igual energía para todos los pisos. Los dos primeros sistemas, el de la aspiracion por abajo y el de la aspiracion á nivel, en igualdad de condiciones, ventilarán mejor el piso bajo que el primero, y éste mejor que el segundo. El tercer sistema, el sistema de

aspiracion por arriba, hace precisamente lo contrario: ventilará durante el verano el piso segundo mejor que el primero, y éste mejor que el piso bajo.

Tercera. El tercer sistema ha hecho descender notablemente la velocidad del aire viciado, hasta llegar á un mínimum de 1,86 metros por segundo, cuando los otros dos sistemas, ni en invierno ni en verano (1) han descendido nunca del mínimum de 2,61 metros por segundo.

Vemos, pues, que el sistema de aspiracion por abajo y el sistema de aspiracion á nivel, han sostenido perfectamente la prueba de la ventilacion de verano, con velocidades próximamente iguales á las de invierno; pero que el sistema de aspiracion por arriba no ha hecho otro tanto. Nótase en esto ya una decidida superioridad de los dos primeros sobre el segundo.

Relativamente á los dos primeros, aunque pequeña, existe una ventaja en el sistema de aspiracion á nivel sobre el sistema de aspiracion por abajo; pero pronto veremos, en cuanto consideremos la cuestion bajo otros puntos de vista, que desaparecerá esta pequeña ventaja, quedando una grande á favor del sistema de la aspiracion por abajo.

Hallemos ahora las velocidades medias de cada sistema en invierno, tomando la media de las tres velocidades de los tres pisos, y tendremos la siguiente tabla:

Ventilacion de invierno.

Aspiracion por abajo.....	Velocidad media	=	2,82 metros.
Aspiracion á nivel.....	Velocidad media	=	3,24 »
Aspiracion por arriba....	Velocidad media	=	2,62 »

Haciendo lo mismo con las velocidades de cada sistema en verano, tendremos:

(1) Siempre que digamos, hablando de la ventilacion, ventilacion de verano, ventilacion de invierno, etc., entiéndase que con estas expresiones abreviadas nos referimos á la ventilacion con aire caliente y á la que se hace con aire sin calentar.

Ventilacion de verano.

Aspiracion por abajo.....	Velocidad media	=	2,98 metros.
Aspiracion á nivel.....	Velocidad media	=	3,14 »
Aspiracion por arriba....	Velocidad media	=	1,98 »

La comparacion de los números medios correspondientes á un mismo sistema en ambas tablas, nos hace ver: 1.° que á igualdad en la diferencia de temperaturas que origina el tiro en ambas estaciones (siempre 25°), el sistema de la aspiracion por abajo gana algo en energía en el verano, en la relacion de 2,82 á 2,98; 2.° que el sistema de la aspiracion á nivel varia poco de invierno á verano; 3.° que el sistema de la aspiracion por arriba pierde en verano notablemente.

Ya que hemos podido abarcar y medir las variaciones de la ventilacion en un mismo sistema en cada piso, en ambas estaciones; las ventilaciones medias de cada sistema en las diferentes estaciones; ya que nos hemos hecho cargo de la amplitud de las variaciones y de sus inconvenientes, sobre todo para el tercer sistema, hallemos ahora las velocidades medias anuales de cada uno, y formemos la tabla siguiente.

Ventilacion media anual.

Aspiracion por abajo....	Velocidad media anual	=	2,90 metros.
Aspiracion á nivel.....	Velocidad media anual	=	3,19 »
Aspiracion por arriba...	Velocidad media anual	=	2,30 »

No olvidemos nunca que aunque el último sistema aparece con la velocidad de 2,30 metros por segundo, en invierno tendrá notablemente más, y en verano notablemente ménos que la que ese número indica. Conocido ya este primer inconveniente del sistema, olvidémoslo por un momento para no ocuparnos más que en las velocidades medias anuales;

y descendiendo ahora al terreno práctico de cada sistema, observemos lo siguiente.

Primero. En el primer sistema se puede emplear siempre un hogar colocado en la chimenea de aspiracion hácia su base, y alimentado por una parte del aire viciado, mezclándose los productos de la combustion con el resto del aire viciado, y tomando la totalidad del aire una temperatura media, cuyo exceso sobre la temperatura exterior debe ser en toda estacion de 25° próximamente. Puede admitirse sin error sensible, que todo el calórico del combustible (las 8.000 calorías que desprende cada kilógramo de buena hulla) es utilizado; porque el enfriamiento, en estas chimeneas de ladrillo y para una diferencia tan pequeña de temperaturas, es insignificante.

Segundo. En el segundo sistema, ó sea en el de la aspiracion á nivel, el aire viciado se calienta en los mismos conductos de evacuacion, y por su contacto con tubos de agua caliente ó de vapor, que en dichos conductos se encuentran alojados. No puede admitirse con este sistema, que todo el calor desarrollado por el combustible bajo la caldera donde el agua se calienta, ó donde se produce el vapor que ha de circular en seguida por los tubos, sea utilizado en el calentamiento del aire viciado en los conductos de evacuacion: una gran parte de él es perdida para este efecto. Puede admitirse, segun los datos que la experiencia está contínuamente demostrando, que á lo sumo se utilizarán en el calentamiento del aire viciado 5.000 calorías de las 8.000 que da cada kilógramo de hulla; ó lo que es lo mismo: puede aceptarse que se utilizan á lo más para calentar el aire viciado los $\frac{5}{8}$ del combustible.

Tercero. En el tercer sistema, que emplea una corta chimenea partiendo de los desvanes ó boardillas del edificio, ha de emplearse forzosamente el mismo medio para calentar el aire viciado que en el caso anterior; de modo que solo se aprovecharán los $\frac{5}{8}$ del combustible gastado, ó del calor total desarrollado por el combustible.

Ahora bien: supongamos por un momento que los tres sistemas de ventilacion que estamos comparando produzcan las mismas velocidades medias en igualdad de condiciones, como siempre (esto es, que la diferencia de temperaturas de 25° sea la misma, que sea la misma la altu-

ra *H*, etc.). Es evidente que, en tal hipótesis, los gastos de combustible para producir el mismo efecto con cada sistema, ó lo que es lo mismo, los gastos de combustible para elevar del mismo número de grados el mismo volúmen de aire viciado, estarian en la misma relacion que los tres números 1, $\frac{8}{5}$ y $\frac{8}{5}$, ó 1, 1,6 y 1,6 respectivamente, á saber:

Para la aspiracion por abajo.....	1,00
Para la aspiracion á nivel.....	1,60
Para la aspiracion por arriba.....	1,60

Pero como *las velocidades medias* en los tres sistemas y en igualdad de circunstancias *no son iguales*, los gastos de combustible para obtener la misma ventilacion, ó sea para el mismo volúmen de aire aspirado, estarán en razon de los números

$$\frac{1,00}{2,90'} \qquad \frac{1,60}{3,19'} \qquad \frac{1,60}{2,30}$$

respectivamente para cada sistema; y reduciendo esos quebrados á decimales, podemos decir que los consumos de combustible para la misma ventilacion serán:

Para la aspiracion por abajo.....	0,344
Para la aspiracion á nivel.....	0,501
Para la aspiracion por arriba.....	0,695

Y tomando como unidad el consumo de combustible 0,344, correspondiente al primer sistema, encontraremos finalmente que los consumos de combustible para cada sistema serán:

Para la aspiracion por abajo.....	1,000
Para la aspiracion á nivel.....	1,456
Para la aspiracion por arriba.....	2,020

Los gastos de combustible son, por lo tanto, como los números 1, 1¼ y 2 próximamente.

La ventaja bajo el punto de vista económico, que es el principal, en la mayoría de los casos, si no en todos, está de parte del sistema de la aspiracion por abajo. El último sistema, aparte de su irregularidad en la ventilacion, ya demostrada, exije un gasto de combustible doble que el primero, y debe desecharse por completo. Mr. Duvoir-Léblanc, que es el constructor y empresario que mas edificios ha calentado y ventilado en Francia, lo emplea casi constantemente. Su sistema de calentamiento, que es muy bueno, sus aparatos, que tambien lo son, ganarian mucho con que se separase del sistema de ventilacion que sigue, y que se sostiene solamente por la bondad del de calentamiento. Y no se diga que aumentando lo necesario la seccion de la chimenea de este sistema se conseguirá evacuar el mismo volúmen de aire que con el primero; porque el aumento en la seccion de la chimenea lleva consigo la disminucion en la velocidad, y no puede seguramente disminuirse una velocidad que, en el verano sobre todo, es ya mas pequeña de lo que conviene. Una chimenea de aspiracion no debe tener una velocidad de menos de 2 metros por segundo, si se quiere que la ventilacion no esté sujeta á mil irregularidades y perturbaciones. La altura no puede aumentarse mas en la mayoría de los casos que lo que nosotros hemos hecho: le hemos supuesto en todos los cálculos 7 metros de altura. La diferencia de temperaturas podria aumentarse, pero entonces gastaríamos muchísimo más combustible que el calculado, y aún apareceria más desventajoso este sistema de lo que aparece de nuestros cálculos. De modo que no podemos ó no debemos alterar ninguna de las cantidades que pueden aumentar el tiro de la chimenea ó la ventilacion, que son: la seccion, la altura de la chimenea, y la diferencia de temperaturas.

Un solo medio habria de disminuir el coste de la ventilacion obtenida por el sistema de aspiracion por arriba, que es sustituir el aparato que, colocado en el desván, calienta por contacto el aire viciado; sustituir las estufas de agua caliente que allí coloca Mr. Duvoir-Léblanc por un hogar ordinario, situado en la cámara de la chimenea de aspiracion, del mismo modo que se hace comunmente en el primer sistema:

pero esto no es hacedero en el que nos ocupa, y presenta inconvenientes de otro género. No es hacedero, porque en un gran edificio hay diferentes cuerpos que necesitarian varias chimeneas; cada chimenea exigiria su hogar especial y una persona que lo cuidase, y que, situada lejos de los puntos de servicio, no podria ocuparse en otra cosa. Además habria siempre el peligro de incendio con la presencia de los hogares en los desvanes, el combustible allí colocado para el gasto diario, etc. Un hogar de fuego directo puede y debe emplearse en toda chimenea de aspiracion por abajo. En este sistema, todos los conductos de evacuacion del aire viciado de un gran edificio pueden dirigirse á una sola chimenea general de evacuacion por bajo del piso, y esta sola chimenea general no necesita mas que un hogar, que situado á piso de tierra, ó poco ménos, no exige más que una sola persona, la cual, en muchos casos, puede desempeñar otros servicios sin inconveniente alguno.

El sistema de aspiracion á nivel vemos que tiene mucha regularidad en su accion, que es sensiblemente constante la ventilacion con este sistema en invierno y en verano; pero el primero produce los mismos resultados gastando un tercio ménos en combustible, y esta economía del 33 por 100 en el gasto de la ventilacion, que en España en muchos puntos supera al gasto de calentamiento, es muy digna de tenerse en cuenta. Además, la aspiracion á nivel exige conductos de una gran seccion en los muros para la evacuacion del aire viciado, porque no solo han de prestarse á la evacuacion del aire viciado con una velocidad de 1 metro por segundo próximamente, sino que han de contener cada uno, dos, tres ó cuatro tubos de agua caliente de un diámetro de 1 decímetro. Estos tubos, casi siempre de fundicion, con sus bridas ó collares para las uniones, ocupan una buena parte de la seccion de los conductos. Los muros han de ser de un notable espesor para prestarse á dar sitio á dichos conductos, los cuales no pueden hacerse bien sino cuando el edificio ha de construirse y se construye desde la planta, con el objeto de que se presten los muros á recibir el sistema de tubos.

Por todas estas razones, el sistema de la aspiracion por abajo debe preferirse, siempre que sea posible, á los otros dos sistemas de ventilacion por aspiracion.

Para un edificio que se levante de planta y que se haya de calentar por el sistema de Mr. Hamelincourt, de circulacion de agua caliente, que es el que lleva consigo la ventilacion *por aspiracion á nivel;* ó bien para un edificio cuyos muros en el paramento interior ó en el exterior puedan recibir un tabique que, separado del muro 3 decímetros, presente ó deje entre ambos espacios para los conductos, hé aquí los únicos casos en que puede emplearse el sistema de la aspiracion á nivel, y para ello es preciso que la razon de lujo se sobreponga á la de economía. Es, en efecto, una cuestion de lujo y comodidad la ventaja que tiene el sistema de Mr. Hamelincourt: en un edificio calentado y ventilado por el sistema suyo, no se ven ni los aparatos de calentamiento, ni los de ventilacion. Todos van alojados en el espesor de los muros. Su sistema, cuando el edificio que lo ha de recibir se construye, puede decirse que convierte á los muros en muros huecos, cuyas dos partes están bien trabadas entre sí. El coste de los conductos es casi nulo en dicho caso: el muro semihueco que resulta tiene naturalmente mayor estabilidad que el muro macizo que contuviese el mismo material.

II.

COMPARACION ENTRE LA VENTILACION MECÁNICA Y LA VENTILACION PRODUCIDA DIRECTAMENTE POR LA ACCION DEL CALOR.

Mr. Péclet, en su *Tratado del calor*, halla la relacion que hay entre el trabajo producido por el calor en una chimenea al hacer el tiro, y el trabajo que podria producir el calor que por la chimenea se lleva el aire caliente, si este calor se emplease en producir vapor para una máquina. Hecha la comparacion de este modo, resulta que para las chimeneas de ventilacion ordinarias de aspiracion por abajo, que tienen de 25 á 30 metros de altura, y que funcionan con una diferencia de temperatura de 25°, la relacion de los trabajos antes citada está comprendida entre veinte y veintiseis, tomando como numerador de la

relacion el mayor de los trabajos, que es el segundo. Tomemos 25 como término medio de dicha relacion.

Pero observemos en primer lugar, que esa comparacion, hecha como la hace Mr. Péclet, no tiene aplicacion práctica inmediata, porque el trabajo disponible en la máquina de vapor no será nunca igual al trabajo utilizado por el ventilador; ó de otro modo: porque el ventilador no utiliza más que una pequeña parte de la fuerza motriz ó del trabajo que á su árbol se trasmite. Dice Mr. Péclet en la última edicion de su obra (pág. 63, tomo 3.°), que los ventiladores pueden utilizar de 0,20 á 0,80 del trabajo que absorben, segun el género de máquina que se emplee. Pero en la ventilacion de edificios, las máquinas ventiladoras que pueden emplearse sin inconveniente, y las que hasta ahora han dado mejores resultados, son los ventiladores de fuerza centrífuga, y estos, segun experimentos muy recientes, hechos por Mr. Morin, Mr. Tresca y otros observadores, absorben en pura pérdida una porcion del trabajo que á su árbol se les comunica, mucho mayor de la que cree Mr. Péclet. Véanse los últimos experimentos hechos sobre los ventiladores que establecieron en el hospital de Lariboisière de París, dos ingenieros tan notables como los Sres. Thomas y Laurens. Despues de estos experimentos, no puede contarse con un efecto útil de los ventiladores superior á 0,1 del trabajo que absorben, ó que se les comunica.

Vamos, pues, á establecer la comparacion entre la ventilacion mecánica producida por los ventiladores, y la producida por las chimeneas de aspiracion por abajo, poniéndonos en las condiciones reales de la práctica, á fin de que nuestros resultados puedan ser de inmediata aplicacion á ella. Esta comparacion la haremos bajo el punto de vista económico; y debemos advertir que elegimos la chimenea de aspiracion por abajo, en lugar de las de aspiracion por arriba y de las de aspiracion á nivel, porque la chimenea de aspiracion por abajo ha servido tambien de tipo en la comparacion que antes hemos hecho entre los tres sistemas.

Propongámonos, pues, obtener una ventilacion útil de 10.000 metros cúbicos de aire por hora en las salas de un hospital, y compare-

mos el combustible que gastaremos para ello, empleando un ventilador que inyecte el aire en las salas, con el que exigiria una chimenea de aspiracion por abajo que evacuase los 10.000 metros cúbicos de aire viciado.

VENTILACION MECÁNICA.

Mr. Morin ha demostrado, y con él todos los observadores que han estudiado experimentalmente la ventilacion mecánica del hospital de Lariboisière, que una parte notable del aire arrojado ó inyectado por el ventilador en el gran tubo porta-viento, no llegaba á entrar en las salas á que estaba destinado, y que se perdia por las uniones de los tubos de chapa entre sí y con los conductos de introduccion de los muros, cosa que no tiene nada de extraño, atendiendo á la gran longitud de conductos y ramificaciones que tiene que recorrer el aire para distribuirse finalmente en las salas.

En virtud de esta consideracion comprenderemos la necesidad que hay de hacer que el ventilador arroje en el tubo porta-viento un volúmen de aire que exceda al que debe entrar en las salas. Para que entren en estas los 10.000 metros cúbicos por hora, que nos proponemos, es preciso que el ventilador ponga en movimiento 12.000, lo que supone una pérdida de $\frac{1}{5}$ en el trayecto que el aire debe recorrer.

Calculemos ahora el trabajo efectivo desarrollado por el ventilador al arrojar en el gran tubo porta-viento 12.000 metros de aire por hora á la velocidad de 10 metros por segundo.

El peso de aire inyectado por hora por el ventilador en el tubo porta-viento, será de

$$12.000 \times 1,5 = 15.600 \text{ kilógramos,}$$

ó sea de

$$\frac{15.600}{3.600} = 4,33 \text{ kilógramos por segundo.}$$

La masa de aire puesta en movimiento por segundo será de 0,44.

La masa 0,44 multiplicada por el cuadrado de la velocidad será:

$$0{,}44\times10^2=44.$$

Y como el trabajo útil del ventilador equivale á la mitad de esta fuerza viva, tendremos que el trabajo útil ó real hecho por el ventilador, será de

$$\frac{44}{2}=22 \text{ kilográmetros por segundo.}$$

Multiplicando este efecto útil de 22 kilográmetros por 10 para obtener la fuerza (1) que exije la máquina de vapor para sostener el movimiento del ventilador, tendremos:

Fuerza de la máquina=22×10=220 kilográmetros por segundo.

O dividiendo por 75 para tener la fuerza de la máquina en caballos:

$$\text{Fuerza de la máquina}=\frac{220}{75}=3 \text{ caballos próximamente.}$$

Admitiendo que cada caballo consuma por hora 3,5 kilógramos de hulla, el gasto de combustible será por hora:

Gasto de combustible por hora=10,5 kilógramos de hulla.

VENTILACION DIRECTA POR EL CALOR.

Veamos ahora el consumo de combustible que haria por hora una chimenea de aspiracion por abajo, provista de su correspondiente hogar

(1) La palabra *fuerza* está aquí empleada, como se hace muchas veces en sentido de *trabajo mecánico*.

en la parte inferior, alimentado por una parte del aire viciado, como queda dicho en la página 559.

Suponiendo que el aire viciado adquiera en la chimenea de aspiracion un exceso de temperatura de 25° sobre el aire exterior, exceso muy suficiente para tener una buena velocidad de 2,5 metros próximamente por segundo, cuando la altura de la chimenea es de 20 á 30 metros, el gasto de combustible para la ventilacion de verano, que es la más costosa, porque el aire llega á la chimenea sensiblemente á la temperatura exterior, se calculará del modo siguiente.

Todo el calor desprendido por el combustible es utilizado en calentar el aire viciado. El calor que necesitan 10.000 metros cúbicos de aire para calentarse de 25°, se obtiene multiplicando el peso del aire por su capacidad calorífica, 0,24, y por el número de grados de que su temperatura aumenta, que es 25°. Este calor será, pues, por hora, de

$$10.000 \times 1,3 \times 0,24 \times 25^{\circ} = 78.000 \text{ calorías.}$$

Para obtener estas 78.000 calorías por hora, el gasto de combustible, en la misma unidad de tiempo, será de

$$\frac{78.000}{8.000} = 9,75.$$

Gasto de combustible por hora = 9,75 kilógramos de hulla.

Vemos, pues, que hay muy poca diferencia en el consumo de combustible que exigiria la ventilacion mecánica, y el que exige la ventilacion por una chimenea de aspiracion por abajo, y que esta diferencia es en contra de la ventilacion mecánica.

Hemos hecho la comparacion anterior tomando la época que perjudica más ó que es ménos favorable á la ventilacion por la chimenea, que es el verano. En el invierno, esto es, cuando el aire para la ventilacion se calienta, se reduce considerablemente el consumo de combustible que hace la chimenea para producir la ventilacion de los 10.000

metros cúbicos de aire por hora. En efecto, consideremos lo que pasa en Barcelona, por ejemplo, en un edificio calentado y ventilado, en el mes de enero.

La temperatura media exterior es de 8°. El aire está en las salas calentadas á 18°, y con esta temperatura llega (próximamente) á la chimenea general de aspiracion por abajo. Allí no necesita calentarse más que hasta 33° para tener el exceso, constante en toda estacion, de 25°.

$$(33°-8°=25°.)$$

El calor necesario á la ventilacion sería, pues, durante todo el mes de enero, y en cada hora, de

$$10.000\times1,3\times0,24\,(33°-18°)=10.000\times1,3\times0,24\times15=46.800$$

calorías. El gasto de combustible por hora para la ventilacion del mes de enero en Barcelona sería pues de

$$\frac{46.800}{8.000}=5,85.$$

Gasto de combustible por hora=5,85 kilógramos de hulla.

Los números que acabamos de obtener para los consumos de combustible necesarios á la ventilacion mecánica y á la ventilacion por una chimenea de aspiracion por abajo, pueden emplearse con completa confianza: nuestros cálculos están basados sobre datos de la experiencia, y no sobre consideraciones puramente teóricas. Si se quiere un ejemplo, entre los muchos que podríamos reunir, que venga á comprobar el consumo de combustible para la chimenea de aspiracion por abajo, tomemos el de la chimenea establecida por Mr. Grouvelle en la cárcel Mazas en París, que está muy bien estudiada, y cuyos efectos han sido observados y medidos por los sabios que componian la comision llamada á informar sobre el calentamiento y la ventilacion de dicha cárcel.

Segun refiere Mr. Péclet en su obra del *Tratado del calor* (última edicion, pág. 212, tercer tomo), la chimenea de la cárcel Mazas proporciona una ventilacion de 30.000 metros cúbicos por hora, con un consumo de hulla de 25 kilógramos por hora en verano y 20 en invierno. Nosotros hemos calculado para la ventilacion de verano 9,75 kilógramos para 10.000 metros, lo que hace para 30.000 metros de aire un consumo de hulla de $9{,}75 \times 3 = 29{,}25$ kilógramos. La diferencia entre nuestro resultado, 29,25 kilógramos, y el anterior, 25 kilógramos, proviene de que la diferencia de temperaturas que origina el tiro en la chimenea de la cárcel Mazas no llega á los 25° que nosotros hemos supuesto. Relativamente á la ventilacion de invierno, hemos calculado el gasto para el mes de enero, que es de 5,85 kilógramos en Barcelona y en las hipótesis aceptadas, lo que corresponderia para 30.000 metros de aire á $5{,}85 \times 3 = 17{,}55$ kilógramos. La diferencia entre este número 17,55 kilógramos y el de 20 kilógramos de la prision Mazas proviene de varias causas, y entre otras de que el aire de las celdas de los presos no se calienta mas que á 13°, 14° ó 15°, en lugar de 18° que nosotros suponemos; y de que en la cárcel Mazas hay un conducto de evacuacion de aire viciado para cada preso, y grandes cuevas que sirven de conductos generales de evacuacion, circunstancias que, aumentando el enfriamiento del aire viciado, exijen luego mayor combustible en la chimenea para producir el tiro.

Debemos hacer ahora una observacion importantísima sobre el consumo de combustible que exijen las chimeneas de aspiracion. Cuando no se calienta el edificio, el consumo de combustible es constante, y no depende de la temperatura del aire exterior. En efecto: nosotros, para obtener una ventilacion uniforme, necesitamos sostener en la chimenea de aspiracion un exceso constante de temperatura, que es 25°, sobre el aire exterior. Poco nos importa, pues, cuál sea la temperatura inicial del aire al calentarse, porque las unidades de calor ó calorías que absorberá son independientes de ella. Pero no sucede así durante la época de calentamiento: el gasto de combustible para sostener la ventilacion constante será tanto mas pequeño, cuanto mas baja sea la temperatura exterior. Pongamos un ejemplo relativo á Barcelona. Hemos visto que

en enero, mes el mas frio de esta capital, la temperatura media es de 8°. Supongamos que el recinto calentado está á 18°. El aire viciado llegará á la chimenea próximamente á 18°, y por lo tanto con un exceso de 10° sobre el aire exterior; para obtener el exceso de temperatura conveniente de 25°, no necesitamos más calor que el que corresponde á la diferencia $25° - 10° = 15°$. Hemos visto que, en este caso, el consumo de combustible para una ventilacion de 10.000 metros por hora era de 5,85 kilógramos de hulla.

El mes de febrero en Barcelona tiene una temperatura media de 10°. La temperatura de las salas es como siempre de 18°. El aire, al entrar en la chimenea de aspiracion, llevará una temperatura de 18° próximamente, y por lo tanto un exceso sobre la temperatura del aire exterior de $18° - 10° = 8°$. Hasta obtener el exceso final (para el tiro) de 25° nos faltan $25° - 8° = 17°$. Para alcanzar esta diferencia de 17°, el gasto de combustible será de $\frac{5,85}{15°} \times 17° = 6,65$ kilógramos de hulla. Este será el gasto de combustible para obtener la ventilacion de 10.000 metros de aire por hora en Barcelona, en el mes de febrero, y siendo la temperatura de las salas calentadas de 18°.

El mes de diciembre en Barcelona tiene una temperatura media de 12°: luego el consumo de combustible para la ventilacion de 10.000 metros de aire por hora costará en el mes de diciembre en Barcelona $\frac{5,85}{15°} \times 19° = 7,49$ kilógramos de hulla.

El mes de marzo tiene en Barcelona la misma temperatura media próximamente que el de diciembre, ó sea 12°. El consumo de combustible para la ventilacion de los 10.000 metros de aire costará por hora 7,49 kilógramos de hulla.

Los cuatro meses de diciembre, enero, febrero y marzo, serán en muchos edificios los solos que exijan el calentamiento en Barcelona y otras capitales de análogo clima en España. En este caso los gastos de combustible, empleando hulla de 8.000 calorías (Cardiff) para la ventilacion de 10.000

metros de aire, con una chimenea de aspiracion por abajo, en los diferentes meses del año, serán los que contiene la tabla siguiente:

Gasto de combustible para la ventilacion de 10.000 *metros cúbicos de aire en Barcelona en los diferentes meses del año, suponiendo cuatro meses de calentamiento á una temperatura de* 18°, *con una chimenea de aspiracion por abajo.*

8° *	Enero.....	5,85	kilóg. de hulla de 8.000 calorías.	
10° *	Febrero.....	6,65	»	»
12° *	Marzo.....	7,49	»	»
	Abril.....	9,75	»	»
	Mayo.....	9,75	»	»
	Junio.....	9,75	»	»
	Julio.....	9,75	»	»
	Agosto.....	9,75	»	»
	Setiembre.....	9,75	»	»
	Octubre.....	9,75	»	»
	Noviembre.....	9,75	»	»
12° *	Diciembre.....	7,49	»	»

Los cuatro meses que van precedidos del asterisco son los de calentamiento, y llevan delante las temperaturas medias.

De la misma manera que hemos establecido esta tabla en ciertas condiciones de temperatura exterior é interior, y para cuatro meses de calentamiento, podrá hacerse en todos los casos.

Como hemos comparado ya los tres sistemas de ventilacion por medio de chimeneas, sabemos la relacion de los consumos de combustible que cada sistema exije, y conocemos ya el consumo necesario á la venti-

lacion mecánica, podemos reunir en una sola tabla los gastos de combustible necesarios á la ventilacion de 10.000 metros de aire en Barcelona, y en las mismas condiciones de temperatura que siempre hemos supuesto. Así hemos formado la tabla completa que damos á continuacion.

Cuadro comparativo de los consumos de combustible que exije la ventilacion de 10.000 *metros de aire en Barcelona, empleando hulla de* 8.000 *calorías, y con cada uno de los cuatro sistemas de ventilacion.*

MESES.	Ventilacion mecánica. — *Kilóg. de hulla.*	Ventilacion por chimeneas de aspiracion por abajo. — *Kilóg. de hulla.*	Ventilacion por chimeneas de aspiracion á nivel. — *Kilóg. de hulla.*	Ventilacion por chimeneas de aspiracion por arriba. — *Kilóg. de hulla.*	Temperaturas medias de los meses de calentamiento.
* Enero.....	10,5	5,85	8,51	11,81	8°
* Febrero...	10,5	6,65	9,65	13,39	10°
* Marzo.....	10,5	7,49	10,90	15,12	12°
Abril.....	10,5	9,75	14,19	19,69	
Mayo.....	10,5	9,75	14,19	19,69	
Junio.....	10,5	9,75	14,19	19,69	
Julio.....	10,5	9,75	14,19	19,69	
Agosto....	10,5	9,75	14,19	19,69	
Setiembre..	10,5	9,75	14,19	19,69	
Octubre...	10,5	9,75	14,19	19,69	
Noviembre.	10,5	9,75	14,19	19,69	
* Diciembre..	10,5	7,49	10,90	15,12	12°

A los partidarios del sistema de aspiracion por arriba les parecerian, sin duda alguna, exajerados los números que á este sistema corresponden en el presente cuadro; pero los razonamientos que á ellos nos han conducido, y que hemos desarrollado extensamente, son indestructibles, como fundados sobre datos experimentales, vulgares ya entre los ingenieros, y sobre principios físicos inconcusos. Acaso podrian alegar en contra los datos experimentales del consumo de combustible en varios edificios ventilados por su sistema; pero en primer lugar es muy difícil que en esos edificios se pueda separar ni se separe el gasto que corresponde al calentamiento del que está afecto á la ventilacion, y á veces suele confundirse y mezclarse con el combustible empleado en esto, el gastado en usos muy diferentes; en segundo lugar, debemos decir que hemos visto en todas las relaciones de experimentos hechos en edificios ventilados por este sistema, que en el verano la ventilacion decae; en tercer lugar hay que observar, que los experimentos hechos en varios edificios, y que pudieran alegar en su defensa los partidarios de la aspiracion por arriba, se han hecho en tiempos muy cortos, durante el cual los aparatos se fuerzan algo más de lo ordinario, y casi siempre en invierno, que es precisamente cuando el sistema de aspiracion por arriba es mejor, como hemos visto. Y estos experimentos se han hecho casi siempre en invierno, porque las comisiones experimentadoras habian de informar relativamente al calentamiento y á la ventilacion, y el constructor ó empresario seguramente que no tiene nunca interés en que el sistema se estudie en la época crítica para él. Si las comisiones nombradas en Francia para dar los informes sobre los sistemas establecidos, se hubiesen penetrado más de la gran diferencia que el sistema de aspiracion por arriba presenta en verano y en invierno, no hubiera adquirido este sistema la boga que adquirió, y que va perdiendo, como no puede ménos de suceder.

Se comprende fácilmente que, aparte de la cuestion de economía, el sistema de aspiracion por arriba ó de Mr. Leon Duvoir-Leblanc seduzca por la simplicidad, y por algunas condiciones no despreciables. La ventilacion mecánica exije una máquina de vapor y un fogonero inteligente que la conduzca; y esto, unas veces por las ordenanzas mu-

nicipales, otras por la falta de local, otras por las condiciones del edificio, suele encontrar sérios inconvenientes y aun insuperables dificultades. Una gran chimenea de aspiracion por abajo es repugnada ó rechazada en muchos casos por el arquitecto; y por otra parte exije un hogar especial, que hay que cuidar como los de los caloríferos ó caldera de agua caliente.

El sistema de Mr. Hamelincourt, tan seductor bajo muchos puntos de vista, tan sencillo cuando el edificio se construye para recibirlo, no deja en la esencia de ser complicado y de reparaciones difíciles; los escapes de agua en los muros pudieran tener muy malas consecuencias para estos: por lo demás, aunque las fugas fuesen de consideracion, no hay peligro alguno de que el agua entrase en las salas nunca, porque los conductos están dispuestos de modo que el agua iria siempre á las cuevas, donde advertiria en seguida al fogonero. El sistema de Mr. Duvoir-Leblanc, no exije máquinas de vapor como la ventilacion mecánica; no tiene una gran chimenea arrancando del suelo, como el de la aspiracion por abajo, ni hogar especial para la ventilacion; no tiene conductos de agua caliente en los muros. Una pequeña chimenea que arranca del suelo del granero ó desván, y en su base unos depósitos de agua caliente, que no exijen cuidado alguno de nadie una vez regladas las llaves del agua, representa todo el aparato de la ventilacion. El agua caliente sube por sí misma hasta el depósito ó gran estufa colocada en la chimenea, y desde él se distribuye á las estufas de los diferentes pisos. La instalacion de todo esto no levanta oposicion alguna; el arquitecto no encuentra, como es natural, objecion que hacer á la construccion de una chimenea corta en esas circunstancias; pero todas estas ventajas se pagan bien caras relativamente á la ventilacion de verano. Del calentamiento no nos ocupamos ahora, ni lo juzgamos, pero desde luego podemos decir que es sencillo y bueno. Volvamos ahora á la ventilacion mecánica, sobre la cual nos quedan consideraciones muy importantes que hacer.

Ya vimos que, segun Mr. Péclet, el trabajo útil que producia una chimenea de ventilacion de 25 á 30 metros de altura, y marchando con un exceso de temperatura de 25°, era 23 veces más pequeño que

el trabajo que podria producir el calor que se lleva el aire en la chimenea dicha, si se aplicase á producir vapor y á mover una máquina de este género. Vimos tambien que, segun Péclet, los ventiladores aprovechaban por término medio $\frac{1}{3}$ del trabajo que recibian de la máquina. De estas dos premisas se deduce que la ventilacion mecánica habia de ser $\frac{2}{3}$ veces más barata que la ventilacion por una chimenea de aspiracion por abajo; esto es, que gastaria ménos de la cuarta parte de combustible que la última. Si esta consecuencia fuese cierta, sería un absurdo emplear ninguna ventilacion con preferencia á la mecánica; pero hemos demostrado de un modo que no deja lugar á duda, que no lo es, y que la ventilacion por una buena chimenea de aspiracion por abajo con hogar especial, viene á costar en la práctica sensiblemente lo mismo que la ventilacion mecánica. Agréguese á esto el exigir la última una caldera ó generador de vapor con su hogar y chimenea, y una máquina con todos sus gastos de instalacion, descomposiciones, reparaciones, fogonero, etc., y deduciremos, que no habiendo *algunas razones poderosísimas*, de que hasta ahora no hemos hablado, y de que luego trataremos, no debe emplearse nunca la ventilacion mecánica con preferencia á la ventilacion por una chimenea de aspiracion por abajo, cuando se consulte la economía.

Si un edificio que se desea ventilar, contiene, con cualquier objeto que sea, una máquina de vapor, empiezan á aminorar considerablemente por este solo hecho los gastos que exije la ventilacion mecánica. La misma máquina de vapor establecida pondria fácilmente en movimiento el ventilador, y sin gran coste de instalacion: el gasto del fogonero, las reparaciones de las máquinas, las dificultades é inconvenientes de estas, han desaparecido; la ventilacion mecánica empezará á poder competir, bajo el punto de vista económico, con la ventilacion por la chimenea de aspiracion por abajo.

Si el edificio referido se ha de calentar en el invierno, se puede usar, y debe usarse, el vapor como sistema de calentamiento del mismo, ya sea empleando el vapor solo, ya sirviendo este de vehículo para llevar el calor á un sistema de circulacion de agua caliente, y componiendo así el sistema mixto de calentamiento por agua y vapor

de Mr. Grouvelle. En este caso, el vapor que ha obrado sobre la máquina produciendo su efecto útil y haciendo marchar el ventilador, vapor que, segun Mr. Regnault, solo pierde en la máquina 0,02 del calor que sacó de la caldera ó generador, se empleará en el calentamiento del modo que hemos dicho, conservándole una presion de atmósfera y media, y dirigiéndole, desde la caja de distribucion de la máquina, á los aparatos, donde, condensándose, ha de producir el calentamiento del edificio. Disponiendo las cosas de este modo, resultará que la ventilacion, durante los cuatro, cinco ó seis meses de calentamiento, nos habrá salido casi de balde, y el gasto de ventilacion quedará reducido á la de los meses de verano. En este caso es evidente que la ventilacion anual del edificio por medio de ventilador habrá costado ménos, mucho ménos, que la ventilacion por una chimenea de aspiracion por abajo.

Si, finalmente, el edificio referido llenase, por su objeto y circunstancias especiales, tales condiciones, que, no solo en invierno y para calentarlo, sino durante el verano y siempre, tuviese el vapor que necesita la marcha del ventilador un empleo útil, entonces la ventilacion mecánica no costaria nada durante todo el año, y sería el mejor de los sistemas de ventilacion.

Un ejemplo del último caso lo tenemos en los grandes hospitales, de más de 300 enfermos. La necesidad que en ellos hay de tener constantemente y en todos los puntos agua caliente, los baños templados de agua caliente ó de vapor que los médicos ordenan, los lavaderos, el secador con estufas de vapor, son otros centros de constante consumo de vapor en todo tiempo, á los cuales se agrega en invierno el calentamiento del edificio, ó al ménos de las salas de enfermos, en los climas templados como los de Barcelona y Valencia. Y en algunos hospitales, no solamente los baños sirven para los enfermos, sino que son públicos, como sucede en Valencia. No es posible desconocer que en tales circunstancias, ningun sistema de ventilacion será preferible á la ventilacion mecánica.

Y no se crea que solo en hospitales se encuentra el conjunto de circunstancias que hacen precioso este sistema: hay muchos edificios en

caso análogo, y citaremos entre otros las filaturas de seda, en las cua les se reunen en una sola sala 200 ó 300 mujeres, que están en una atmósfera húmeda y extraordinariamente fétida. La fetidez es tal, que no es preciso para sentirla entrar en las salas, ni aun en el edificio: basta con aproximarse á este á una regular distancia. En las primeras salas de la filatura, allí donde se saca la hebra elemental del capullo, el vapor del agua casi hirviendo de la *perola* que cada mujer tiene delante, y el olor que se desprende de las crisálidas ahogadas en el capullo y en descomposicion, forman una atmósfera nauseabunda é insoportable: agréguese á estas dos causas que vician y emponzoñan el aire, la presencia de 200 ó 300 mujeres, y se comprenderá la necesidad absoluta y apremiante, estábamos por decir sagrada, porque es hasta cuestion de moralidad ó caridad, en que están los propietarios de estas industrias, de ventilar esas salas. ¿Y qué costaria la ventilacion de ellas, al ménos en la época crítica del gran trabajo sobre el capullo, en que ni siquiera es preciso calentar el aire porque ya la temperatura es dulce? Absolutamente nada. Ya tienen las filaturas dos ó más generadores de vapor, que deben dar este flúido y distribuirlo á todas las perolas: una gran máquina que pone en movimiento los husos, y los telares, si los hay; ¿qué falta pues? Colocar un ventilador general para todas las salas, ó uno para cada una, ya que las trasmisiones de movimiento están en todas. Podria objetarse que tal vez el vapor de la máquina bastase para las perolas, y que exijiendo el ventilador un aumento de fuerza en la máquina, y por lo tanto un aumento en la produccion de vapor, no tendria aplicacion este aumento. Nada de esto sucede; las filaturas que hemos visto tienen hasta calderas especiales para las perolas, calderas cuyo vapor no obra en la máquina.

Otros edificios de los que podrian tener con grande economía la ventilacion, que es en ellos de primera necesidad, son las andanas para la cria del gusano de la seda. Sabido es que estos animales, aglomerados en grandes edificios, exijen durante su corta existencia, y en nuestros climas, el calentamiento artificial y la ventilacion constante. Increible parece la fetidez que existe en las salas mal ventiladas donde se crian estos animales, no obstante la contínua limpieza de sus excremen-

tos. La ventilacion es en las andanas necesaria siempre, pero esta necesidad parece mas grave ó mas apremiante hoy, en que la mayor parte de la cosecha se pierde por las muchas enfermedades epidémicas, y al parecer contagiosas, que se apoderan del gusano. Pues bien: si como medio de calentamiento de la andana se emplea el vapor solo, ó en combinacion con el agua, como en el sistema de Grouvelle, nada mas natural, nada mas económico que la ventilacion mecánica, estableciéndola por supuesto con arreglo á los principios que hemos sentado, porque si estos son convenientes en los lugares habitados, tambien lo son por las mismas razones en los recintos donde se cria el gusano de la seda.

Finalmente, hay edificios en los cuales conviene establecer la ventilacion mecánica, aun cuando no haya calderas de vapor, ni máquinas, y aunque el edificio se caliente en invierno por cualquier sistema. Tales son los presidios y los cuarteles, donde, con una ligerísima retribucion, se encargarian los presidiarios en el primer caso, y los soldados en el segundo, de la ventilacion de los dormitorios. El sistema que deberia emplearse es el de ventiladores de poca velocidad, convenientemente repartidos en el edificio, y muy inmediatos á las salas donde habian de hacer sentir sus efectos. Estableciendo de este modo los aparatos, los gastos y las dificultades de instalacion se aminoran considerablemente; las pérdidas de aire por los conductos de introduccion son despreciables; las pérdidas de fuerza viva y de trabajo motor, por lo tanto, disminuyen mucho; el efecto útil del ventilador crece en consecuencia.

Debemos tambien llamar la atencion sobre una ventaja notable que tiene la ventilacion mecánica, además de las ya enumeradas, relativa á la buena reparticion del aire y á su perfecta distribucion en las salas, cuando los tubos y conductos poseen válvulas ó llaves al efecto. Una falta que se hace sentir notablemente en los sistemas de ventilacion por la accion directa de las chimeneas, es la de un aparato que mida la energía de la ventilacion en cada instante, y que conserve y acuse esta medida. Los mejores instrumentos hasta ahora inventados, al ménos los únicos prácticos, son los que se han llamado *balanzas de presion*, los cuales indican la fuerza de la ventilacion por la inclinacion más ó ménos grande que toma un eje, en cuyo extremo se halla un disco que recibe

de lleno el choque de la vena gaseosa en el conducto ó en la chimenea. El choque del aire contra el disco, en sentido contrario á la accion de la gravedad, produce el mismo efecto que una disminucion en el peso del mismo. Cuanto mayor sea la energía de la ventilacion mayor será la velocidad del aire, y mayor tambien la inclinacion de la balanza, cuyo ángulo puede servir de medida á la ventilacion cuando el instrumento se ha graduado por comparacion. Si no se quiere medir la ventilacion, sino solamente saber que esta no decae de la intensidad constante que debe tener, el instrumento no necesita graduacion alguna. Basta observar la posicion única que corresponde á la ventilacion exijida, y cuidar de que esta posicion se conserve. Las balanzas de presion, fundadas en el principio que acabamos de explicar, pueden prestar algun servicio, pero no llenan más que imperfectamente el fin que nos proponemos. Cuando se emplea la ventilacion mecánica, nada más fácil que medirla en cada instante, y aun fiscalizar dicha ventilacion, haciendo que el instrumento manifieste si esta se ha sostenido con la debida intensidad durante un cierto tiempo. Todo se reduce á unir al ventilador un contador de las vueltas que da el eje de este por hora, cosa en extremo sencilla. La ventilacion va íntimamente ligada á la velocidad del ventilador, de modo que por la una se viene en conocimiento de la otra. Si el gefe del edificio ó establecimiento que se ventila quiere saber si la ventilacion de una noche ha sido la necesaria, no tiene más que anotar al principio de la noche la indicacion de las agujas del contador de las vueltas, y la hora; por la mañana vuelve á hacer la misma operacion, resta las indicaciones, divide la diferencia por el tiempo trascurrido, expresado en horas, y el cociente representa, por término medio, las vueltas que durante la noche ha dado el ventilador por hora.

En los presidios y cuarteles, en que convendria bajo el punto de vista económico que los ventiladores fuesen movidos á mano, sobre todo en las poblaciones en que el combustible vale muy caro, como en Madrid, cada ventilador deberia llevar su contador: los hombres se relevarian cada hora, ó lo más cada dos horas, y entonces un presidiario no trabajaria más que una ó dos horas cada tres ó seis dias. El contador entonces deberia tener las divisiones del cuadrante de tal modo

construidas, que una vuelta completa de una aguja, ó una division de otra, representase ya *à priori* el número de vueltas que deberia dar el presidiario en una hora. Ya sabria con esto cada uno de ellos, que su obligacion se reducia á hacer que aquella aguja diese una vuelta completa en la hora de su trabajo. Hemos indicado que con una gratificacion insignificante se conseguiria la ventilacion de los cuarteles y presidios; y es casi seguro que, sin imponer este trabajo como una carga forzosa, sino completamente voluntaria, todos los presos ó los soldados se prestarian gustosos á desempeñarla. Los gastos que la ventilacion así establecida ocasionaria al Estado serian bien pequeños, y estarian tal vez mas que compensados con el menor número de enfermos que irian á los hospitales, por consecuencia del mejoramiento de la higiene de los presidios y cuarteles. Además, debemos decir que esta cuestion es de moralidad, y al lado de esta consideracion, las razones de economía quedan desvirtuadas.

CAPITULO V.

Comparacion de los diferentes sistemas de calentamiento de los edificios habitados, bajo el punto de vista del combustible que cada uno exije para producir el mismo efecto.

Habiendo descrito y dado á conocer minuciosa y detalladamente los diferentes sistemas que para el calentamiento y la ventilacion de los edificios habitados se emplean, y habiendo comparado ya los cuatro sistemas de ventilacion, vamos á establecer una comparacion análoga de los sistemas de calentamiento.

Tomaremos como tipo el hospital militar ya descrito, el cual exije en Barcelona ó Valencia, durante el mes de enero, 60.000 calorías por

hora para el calentamiento á 18° de las salas de enfermos, y la ventilacion de 70 metros de aire por enfermo y por hora.

PRIMER SISTEMA.

Calentamiento por caloríferos interiores de aire caliente, ó estufas.

Cuando las superficies de calentamiento de los caloríferos interiores de aire caliente ó de las estufas metálicas están bien calculadas, por las reglas que más adelante expondremos, pueden utilizarse en el calentamiento de las salas las 0,90 del calor total desarrollado por el combustible. Luego, empleando hulla de 8.000 calorías, el gasto de combustible por hora sería de

$$\frac{60.000}{0{,}9\times 8.000} = 8{,}34 \text{ kilógramos}$$

de hulla para el mes de enero, cuya temperatura media la suponemos de 8° en Barcelona. Vamos á calcular el gasto de combustible para los meses de febrero, marzo y diciembre. Puede admitirse sin inconveniente, como una regla práctica que se acerca mucho á la verdad, que el gasto de combustible que exije el calentamiento de un edificio por un mismo sistema y en las mismas condiciones, es proporcional á la diferencia de temperaturas entre el aire exterior y el de las salas calentadas. Se comprende esto en el momento que se considere que siendo constante la temperatura de las salas, la cantidad de calor que absorberá el aire exterior al calentarse para introducirse en ellas, es proporcional á la diferencia entre la temperatura que tiene y la de las últimas; y que el enfriamiento de estas (cuyas pérdidas de calor debemos compensar) tambien es proporcional á la misma diferencia de temperaturas, segun la ley de Newton sobre el enfriamiento. Siendo la temperatura media del mes de febrero, en Barcelona, de 10°, el gasto de combustible por hora, para el mes de febrero, será de

$$8{,}54\times\frac{18°-10°}{18°-8°}=8{,}54\times\frac{8°}{10°}=6{,}67 \text{ kilógramos}$$

de hulla de 8.000 calorías. Durante los meses de marzo y diciembre, la temperatura media de Barcelona es de 12°, luego el gasto de combustible, por término medio, para estos dos meses, y por hora, será

$$8{,}54\times\frac{18-12}{18-8}=8{,}54\times\frac{6}{10}=5 \text{ kilógramos}$$

de hulla de 8.000 calorías.

SEGUNDO SISTEMA.

Calentamiento por caloríferos exteriores de aire caliente.

En este sistema no puede utilizarse tan bien como en el anterior el calórico desarrollado por el combustible, tanto por razon del tiro, que exije en este caso que se conserve al humo una temperatura algo más elevada que en los caloríferos interiores (donde parte del tiro, y á veces todo, se hace al mismo tiempo y en los mismos tubos que el calentamiento, de modo que parte ó toda la chimenea puede ser superficie de calentamiento), como porque una parte del calor comunicado al aire en el calorífero se pierde antes de que dicho aire penetre en las salas que debe calentar. No puede contarse con un efecto útil superior á 0,65 del calor total del combustible; luego el gasto de hulla por hora para el mes de enero será de

$$\frac{60.000}{0{,}65\times8.000}=11{,}54 \text{ kilógramos}$$

de hulla de 8.000 calorías.

El consumo de combustible para el mes de febrero será de 9, 23 kilógramos.

El consumo correspondiente á los meses de marzo y diciembre será de 6,92 kilógramos.

TERCER SISTEMA.

Caloríferos exteriores de agua caliente.

Nosotros no creemos conveniente en ningun caso el empleo del agua caliente para el calentamiento de los edificios, á una temperatura que exceda de 100°; y al contrario, creemos que lo es la de 90° á 100°. Para esta clase de calderas puede admitirse un efecto útil en las salas de 5.000 calorías por cada kilógramo de hulla que desprenda 8.000. Aquí pueden aplicarse las mismas consideraciones que cuando hallamos el efecto útil del combustible en los caloríferos de aire caliente.

Para obtener las 60.000 calorías por hora que necesita nuestro hospital militar, tendremos un consumo de combustible de $\frac{60.000}{5.000} =$ 12 kilógramos de hulla por hora para todo el mes de enero.

Para el mes de febrero el consumo de hulla por hora será de 9,6 kilógramos.

Para los meses de marzo y diciembre, el consumo será de 7,2 kilógramos.

CUARTO SISTEMA.

Calentamiento de las salas por caloríferos exteriores de vapor.

Un generador de vapor en las mejores condiciones no produce más de 7 kilógramos de vapor por kilógramo de hulla quemada (de 8.000

calorías). Suponiendo que de cada kilógramo de vapor utilicemos para el calentamiento hasta el máximum de 600 calorías (lo cual supone hasta la utilizacion de una parte del calor del agua de condensacion en los mismos tubos de retorno de esta), los 7 kilógramos de vapor nos darán un efecto útil de

$$7\times600=4.200 \text{ calorías.}$$

Pero no debemos prudentemente contar con más de 4.000 calorías por kilógramo de hulla. De modo que para obtener las 60.000 calorías útiles por hora, el consumo de combustible será por hora para el mes de

enero de $\frac{60.000}{4.000}=15$ kilógramos de hulla de 8.000 calorías.

Para el mes de febrero el consumo será de 12 kilógramos.
Para los meses de marzo y de diciembre será de 9 kilógramos.

QUINTO SISTEMA.

Calentamiento por el vapor en aparatos de condensacion colocados en las mismas salas que se han de calentar.

El consumo de combustible por hora será sensiblemente el mismo que en el cuarto sistema, para producir el mismo efecto.

Así, para obtener las 60.000 calorías por hora en el mes de enero, el consumo de hulla por hora será de 15 kilógramos.

En el mes de febrero será de 12 kilógramos.

En los meses de marzo y diciembre, de 9 kilógramos.

SESTO SISTEMA.

Calentamiento por circulacion de agua caliente (sistema de Mr. L. Duvoir-Leblanc).

En este sistema se gastará el mismo combustible que en el segundo, próximamente, para obtener las 60.000 calorías por hora.

Mes de enero, 12 kilógramos.—Febrero, 9,6.—Marzo y diciembre, 7,2.

SÉPTIMO SISTEMA.

Calentamiento por circulacion de agua caliente (sistema de Mr. Hamelincourt).

Como el anterior. Enero, 12.—Febrero, 9,6.—Marzo y diciembre 7,2.

Antes de resumir los importantes resultados obtenidos, debemos hacer una observacion, y es: que cuando el aire se calienta fuera de las salas, el aire es el vehículo que conduce á estas el calor perdido en la atmósfera por enfriamiento, y el que se lleva el aire viciado; pero que en el quinto, sexto y séptimo sistema, el vehículo que conduce á las salas el calor, es el vapor ó el agua caliente.

Resumiendo los resultados obtenidos hemos formado la tabla siguiente.

MESES de calentamiento.	Temperaturas medias mensuales.	*Consumo de hulla por hora para calentar un edificio que exija 60.000 calorías en el mes más frio, con cada uno de los sistemas de calentamiento, en Barcelona, y durante los cuatro meses más frios del año.*						
		Primer sistema.	Segundo sistema.	Tercer sistema.	Cuarto sistema.	Quinto sistema.	Sexto sistema.	Séptimo sistema.
Enero.....	8°	8,34k	11,54k	12,00k	15,00k	15,00k	12,00k	12,00k
Febrero....	10°	6,67	9,23	9,60	12,00	12,00	9,60	9,60
Marzo.....	12°	5,00	6,92	7,20	9,00	9,00	7,20	7,20
Diciembre..	12°	5,00	6,92	7,20	9,00	9,00	7,20	7,20

CAPITULO VI.

Estudio de los proyectos de calentamiento y ventilacion de los edificios habitados, y comparacion de los gastos anuales que exijen los diferentes sistemas.

Pudiéramos llenar el objeto que nos proponemos en el presente capítulo, reuniendo en este lugar y estableciendo de una manera general los cálculos, fórmulas, reglas prácticas y datos experimentales que han de servir de base y guia al ingeniero y arquitecto para estudiar completamente el proyecto de calentamiento y ventilacion de un edificio cualquiera; pero preferimos concretar nuestro trabajo á casos particulares de todos los sistemas, y tomaremos como ejemplos los siete casos que hemos descrito, relativos á un hospital militar de 144 enfermos. Hemos prescindido del calentamiento de las alas del edificio, que están destinadas á la administracion con todas sus dependencias, que son muchas en un hospital, y á la sanidad, porque en Valencia y Barcelona, capitales donde conviene nuestro estudio, hay un clima bastante templado para que la cuestion de calentamiento no sea de primera necesidad. Tampoco necesitan dichas dependencias una ventilacion sistemática, por ser muy pequeño el número de personas que en ellas han de reunirse: muchas dependencias ni aun habitadas están, por su objeto ó destino.

Aunque el estudio que vamos á hacer se refiera á Barcelona, es aplicable á Valencia, á Málaga, y á la mayor parte de las ciudades de la costa del Mediterráneo; y en general podemos decir que lo será á todas las que tengan temperaturas medias mensuales iguales próximamente á las de Barcelona. Por lo demás, la marcha general que seguiremos,

las fórmulas, las reglas de cálculo, los datos experimentales, podrán servir siempre de guia en cualquier proyecto de calentamiento y ventilacion referente á cualquier clima.

I.

BASES GENERALES PARA TODOS LOS SISTEMAS.

Eleccion del combustible.

Deberá siempre elegirse el combustible más barato, que será aquel con el cual cuesten ménos mil unidades de calor ó calorías. De las potencias caloríficas de los combustibles de que podamos disponer, y de la comparacion de estos números con el precio del quintal, se deducirá fácilmente el combustible de que deberemos servirnos. En Barcelona, Valencia y demás centros de algun consumo de nuestras costas en el Mediterráneo, el carbon inglés es el más barato, por desdicha nuestra. En Barcelona el consumo de carbon inglés tal vez no baje de cinco millones de quintales al año. Cuatro son los tipos principales de hulla inglesa que se consumen en esta importante plaza.

Primer tipo: Carbon de gas. La mayor parte del carbon de gas es de Newcastle, y comprende las variedades Felling, New-Pelton y Ramswewoort. El resto lo forman algunas variedades de *cannel* y algo de *boghead* de Escocia. Barcelona recibe el carbon de gas para sus dos grandes fábricas, alguna pequeña particular, y otras importantes del llano de Barcelona, como Gracia, S. Andrés y Mataró.

Segundo tipo: El carbon de llama.

Tercer tipo: El carbon de forja.

Cuarto tipo: El carbon de rejilla (Cardiff), universalmente empleado en Barcelona para los generadores de vapor. Este carbon, compacto, de poca ceniza, casi sin escoria, casi libre de pirita, de llama regular y sostenida, de una potencia calorífica de 8.000 calorías, es el tipo del buen carbon de rejilla, y el que conviene emplear en los caloríferos, hasta que llegue el ansiado dia en que ceda por completo su puesto al carbon del país, dia por fortuna bastante próximo, más próximo tal vez de lo que se cree. El carbon Cardiff, que es el carbon de más subido

precio por quintal, de todos los carbones ingleses fuera del cannel y del boghead, se puede obtener en todo tiempo en Barcelona á diez reales quintal castellano, y aun á nueve y medio comprándolo directamente, y fletando buques de más de 10.000 quintales. Este precio va disminuyendo algo en toda la costa del Mediterráneo desde Barcelona hasta Cádiz, por razon de la distancia, pero en muy pequeña cantidad.

No tratándose de las capitales de la costa de España, donde en casi todas, y por nuestro mal, el carbon inglés es el mas barato, emplearemos el combustible del pais que mas economía *real* presente.

Volúmen de aire que debe introducirse por hora en las salas, para un pabellon.

El volúmen de aire que cada enfermo necesita por hora, segun la tabla que hemos dado en la página 465, es de 70 metros cúbicos. Como el hospital tiene 144 enfermos, el volúmen de aire necesario á la ventilacion será por hora de $144 \times 70 = 10.080$ metros de aire.

Cada ala ó pabellon de enfermos tiene solamente 72 enfermos, á razon de tres salas de 24 enfermos cada una. Luego el volúmen de aire que exije por hora un pabellon será de $72 \times 70 = 5.040$..... 5.040

Diferencia de temperaturas que ha de servir de base á los cálculos de la potencia de los aparatos de calentamiento.

El mes mas frio de Barcelona es el mes de enero. Su temperatura media puede valuarse en 8°, á pesar de que en la tabla de la página 470, aparece algo mayor, por no comprender dicha tabla mas que las observaciones meteorológicas de tres años, que es poco. Deberia tenerse esa tabla para una docena de años, y de ella entonces deducir la media del mes de enero. Supondremos que la temperatura constante que debe sostenerse en las salas del hospital es de 18°, que es la que en tal edificio y en este clima creemos mas conveniente. La diferencia de temperaturas interior y exterior que debe servir de base para los cálculos será de $18 - 8 = 10°$..... 10°

Calor perdido por hora por los muros y ventanas del edificio, para un pabellon.

Hallada la superficie *real* de muros exteriores y la superficie total de las ventanas exteriores, y sabiendo que el grueso ó espesor de los muros del hospital es de 0,8 metros, se calculará con arreglo á lo dicho en la página 471, la cantidad total de calor que pierden por hora los muros y ventanas. Respecto á los muros divisorios que separan las sa-

las calentadas de las que no lo están, puede admitirse como una aproximacion suficiente, que pierdan la mitad de calor por metro cuadrado y por hora, que pierden los muros exteriores. Hechos los cálculos, resulta que la cantidad de calor perdida por hora por los grandes muros longitudinales exteriores de las salas de enfermos de un pabellon es de 11.609 calorías; la que pierden las ventanas es de 3.547; y la que pierden los muros divisorios es de 2.268. Calor total perdido por hora por los muros y ventanas de un pabellon de enfermos, ó sea de medio hospital.. 17.350 cal.s

Cantidad de calor que absorberá por hora el aire de ventilacion, para un pabellon.

Los 5.040 metros cúbicos de aire que recibe por hora cada pabellon de enfermos, deben pasar de la temperatura exterior de 8° á la temperatura de 18°, con la cual salen de las salas. Luego estos 5.040 metros de aire se llevarán una cantidad de calor representada por $5.040 \times 1,3 \times 0,24\ (18° - 8°) = 5.040 \times 1,3 \times 0,24 \times 10° =$ ..... 15.725 cal.s

El número 1,3 representa el peso aproximado del metro cúbico de aire en kilógramos á la temperatura de 0 y presion de $0^m,76$; pero se toma ese número siempre para las temperaturas y presiones ordinarias de la atmósfera. El número 0,24 es la capacidad calorífica del aire relativamente al agua.

Cantidad de calor emitido por hora por los enfermos de un pabellon

Segun lo que hemos dicho en la página 475, la cantidad de calor que emiten por hora los 72 enfermos de un pabellon, y que se emplea en calentar el aire de las salas, será de $72 \times 42 =$ ..... 3.024 cal.s

Cantidad de calor que necesita cada pabellon por hora.

La cantidad de calor que cada pabellon de 72 enfermos exijirá por hora será 17.350 + 15.725 − 3.024 calorías = 30.051 calorías. Tomemos en números redondos 30.000..... 30.000 cal.s

Todo el hospital necesita 60.000 calorías por hora.

Estos números se refieren al mes de enero, para el cual se han hecho los cálculos; y como este es en Barcelona el de menor temperatura media, en los demás se gastará menos combustible para el calentamiento, porque no se necesitarán por hora 60.000 calorías, sino ménos.

II.

PRIMER SISTEMA (1).

Calentamiento. — *Por caloríferos interiores de aire caliente.*
Ventilacion. — *Por chimeneas de aspiracion por abajo.*

Gasto de combustible por hora para calentar un pabellon en enero.

Segun la tabla de la página 565, el gasto de combustible será de 8,34 kilógramos por hora para el mes de enero y para 60.000 calorías. Como cada pabellon exije solo 30.000, el gasto será de..... 4,17 kil.s

Superficie de calentamiento que presenta cada calorífero.

La superficie de caldeo ó de calentamiento para los caloríferos de aire interiores, se calcula por la regla práctica siguiente. Para cada kilógramo de hulla que se consuma por hora en el calorífero, la superficie efectiva de calentamiento de este deberá ser de 1,8 metros cuadrados. Como cada pabellon gasta por hora, segun acabamos de ver, 4,17 kilógramos de hulla de 8.000 calorías (Cardiff), la superficie total de calentamiento de los caloríferos de un pabellon será de $4,17 \times 1,8 = 7,5$ metros cuadrados. Como cada pabellon tiene tres caloríferos, uno por sala, la superficie de cada calorífero será de $\frac{7,5}{3} = 2,5$ metros cuadrados..... 2,5 m.²

Cuando no se emplee una hulla tan buena como la que hemos supuesto, y que es la que puede y debe emplearse en Barcelona, ó cuando nos veamos obligados á usar cualquier otro combustible, la superficie de caldeo de los caloríferos se calculará de la misma manera que acabamos de exponer, esto es, se supondrá que se emplea hulla de 8.000 calorías. Para saber el peso de combustible que se gastará por hora cuando no se consume hulla de 8.000 calorías, sino otra de inferior cla-

(1) Véanse los dibujos correspondientes.

se, ó cok, ó leña, etc., no hay mas que dividir el consumo de combustible expresado en hulla de 8.000 calorías por la potencia calorífica del combustible que se emplee, y el cociente se multiplicará por 8.000. Ejemplo. Antes hemos visto que el consumo de combustible de cada pabellon por hora era de 4,17 kilógramos empleando hulla de 8.000 calorías. Si se emplease en su lugar cok de 6.000 calorías, el gasto de combustible por hora sería de $4{,}17 \times \frac{8.000}{6.000} = 5{,}56$ kilógramos.

Distribucion de la superficie de calentamiento de cada calorífero.

Sabiendo que cada calorífero debe tener una superficie de 2,5 metros cuadrados, sus dimensiones, esto es, las del cilindro interior desde lo alto del hogar, y las del tubo-chimenea que está dentro de las salas, y que forma tambien superficie de calentamiento, deben distribuirse y arreglarse de manera que se tengan los 2,5 metros cuadrados de superficie real de caldeo. En los caloríferos especiales que hemos adoptado, no debe contarse como superficie de caldeo más que la parte del tubo-chimenea que está en las salas, y la parte de superficie del cilindro interior desde el hogar hasta el arranque del tubo-chimenea. Así puede verse y comprobarse en la *figura* 17.

Gasto de combustible necesario á la ventilacion en cada uno de los meses del año.

Para saber el combustible que se gastará por hora en cada uno de los meses del año para la ventilacion, no hay más que acudir á la tabla ó cuadro comparativo de la página 552, donde está el consumo de combustible para una ventilacion de 10.000 metros por hora en todos los sistemas. Como en el proyecto de que tratamos la ventilacion es de 10.080, podemos tomar sin variacion los mismos números contenidos en la segunda columna del cuadro, que son los que se refieren á la ventilacion por chimeneas de aspiracion por abajo.

Seccion de la chimenea general de aspiracion para todo el hospital.

El volúmen de aire que debe evacuar esta chimenea es (prescindiendo de las dilataciones) de 10.080 metros cúbicos por hora, ó sea por segundo de

$$\frac{10.080}{3.600} = 2{,}8.$$

Segun hemos visto en la página 537, en las condiciones ordinarias podemos contar con una velocidad real en la chimenea que no baje de 2,5 metros en toda estacion. Luego en el caso actual tendremos hasta un exceso de tiro, si contamos con esta velocidad de 2,5 metros por segundo, porque realmente será mayor, como hemos demostrado en otro capítulo.

La seccion de la chimenea será, pues, de

$$\frac{2,8}{2,5} = 1,12 \text{ metros cuadrados} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1,12 \text{ m.}^2$$

No hay que olvidar que esta velocidad media de la chimenea de 2,5 metros por segundo, sobre la cual nos basamos para el cálculo, supone una altura de 20 á 30 metros, y una diferencia de temperatura para el tiro muy próxima á 25°. Supone además, que los conductos de evacuacion que conducen el aire viciado á la chimenea, no tienen una suma de secciones menor que la seccion de esta, ni longitudes desmesuradas fuera de lo que ordinariamente requiere la práctica, ni cambios bruscos de direccion inmotivados, ni innecesarios cambios de seccion. (Véase el capítulo 4.°) Los conductos de evacuacion presentarán en la práctica una suma de secciones mayor que la seccion de la chimenea, como vamos á ver; lo cual favorece al tiro, porque disminuye las resistencias que el aire sufre por rozamiento al dirigirse á la chimenea general.

Seccion de los conductos de evacuacion.

En cada sala hay 13 conductos de evacuacion. De cada sala deben salir por hora

$$\frac{5.040}{3} \text{ metros}$$

de aire viciado, ó sean 1.680 metros, porque de cada pabellon deben salir 5.040, y hay tres salas en cada pabellon. Habiendo 13 conductos de evacuacion en cada sala, cada uno deberá dar salida á

$$\frac{1.680}{13} \text{ metros}$$

de aire en cada hora.

El volúmen de aire viciado que debe salir de cada sala por segundo será de

$$\frac{1.680}{5.600} = 0,466 \text{ metros cúbicos.}$$

El volúmen de aire viciado que debe salir por segundo por cada conducto será

$$\frac{0,466}{13} = 0,035 \text{ metros cúbicos.}$$

Admitiendo una velocidad de 1 metro por segundo en los conductos de evacuacion (véase la página 458), el área de la seccion de cada uno de los 13 conductos de evacuacion será

$$\frac{0,035}{1} = 00,35 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 0,035 \text{ m.}^2$$

Con arreglo á estos cálculos se ha hecho el proyecto de las *figuras* 21, 22 *y* 23, como puede verse.

Seccion de los conductos de introduccion del aire nuevo.

En cada sala deben entrar por hora

$$\frac{5.040}{3} = 1.680 \text{ metros cúbicos}$$

de aire nuevo, ó por segundo 0,466 metros cúbicos, como hemos visto arriba. Habiendo 4 conductos de introduccion en cada sala, y admitiendo una velocidad de 0,5 metros por segundo, la seccion de cada uno de dichos conductos será de

$$\frac{0,466}{0,5 \times 4} = 0,233 \text{ metros cuadrados} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 0,233 \text{ m.}^2$$

Gasto anual de combustible que exijirá el calentamiento y la ventilacion de todo el hospital.

Para el calentamiento tomaremos los números correspondientes al sistema en que nos ocupamos, que son los de la primera columna de la tabla de la página 565. Casualmente los consumos que dicha tabla contiene son para 60.000 calorías útiles, que son las que nuestro hospital necesita. Si el hospital no exijiese 60.000 calorías por hora, sino más ó ménos, la tabla mencionada prestaria los mismos servicios para abreviar el cálculo; pero no hay que olvidar que dicha tabla supone que estén bien calculadas las superficies de calentamiento, y que se aprovecha bien el combustible.

Respecto á los consumos de hulla para la ventilacion en cada uno de los meses del año, no hay más que tomar los mismos números que contiene el cuadro comparativo de la página 552. El cuadro está calculado para una ventilacion de 10.000 metros por hora, y como nuestro hospital necesita 10.080, podemos tomar los mismos números del cuadro. Claro es que si al estudiar un proyecto de ventilacion se nos exijiese un volúmen de aire notablemente diferente del de 10.000 metros, correjiríamos en la proporcion conveniente los números del cuadro. Este siempre será de gran utilidad, porque economizará trabajo de cálculos. Como en el actual proyecto empleamos para ventilar chimeneas de aspiracion por abajo, tomaremos los números de la segunda columna del cuadro.

Así, pues, para nuestro proyecto formaremos la siguiente tabla.

	Consumo de hulla por hora en todo el hospital, y en los diferentes meses del año, para		
	EL CALENTAMIENTO.	LA VENTILACION.	EL CALENTAMIENTO Y LA VENTILACION.
Enero. . . .	8,34 kilóg.s	5,85 kilóg.s	14,19 kilóg.s
Febrero. . . .	6,67 »	6,63 »	13,30 »
Marzo.	5,00 »	7,48 »	12,49 »
Abril.	»	9,75 »	9,75 »
Mayo.	»	9,75 »	9,75 »
Junio.	»	9,75 »	9,75 »
Julio.	»	9,75 »	9,75 »
Agosto.	»	9,75 »	9,75 »
Setiembre. . .	»	9.75 »	9,75 »
Octubre.	»	9,75 »	9,75 »
Noviembre. .	»	9,75 »	9,75 »
Diciembre. . .	5,00 »	7,49 »	12,49 »

Fácilmente se obtendrá con esta tabla el consumo anual de combustible. Admitamos el caso mas desfavorable para el consumo correspondiente al calentamiento: supongamos que este no se interrumpe ni una hora durante los cuatro meses de enero, febrero, marzo y diciembre. El consumo de hulla anual para el calentamiento será:

$(8,34\times31+6,67\times28+5\times31+5\times31)\,24=18.127$ kilógramos de hulla de 8.000 calorías.

Suponiendo que la ventilacion tiene lugar durante todo el año sin interrupcion, el consumo anual de hulla para la ventilacion será:

$$24(5{,}85\times31+6{,}63\times28+7{,}49\times31+9{,}75\times30+9{,}75\times31+9{,}75\times30+9{,}75\times31+9{,}75\times31+9{,}75\times30+9{,}75\times31+9{,}75\times30+7{,}49\times31)=$$
$$24(5{,}85\times31+6{,}63\times28+2\times7{,}49\times31+4\times9{,}75\times31+4\times9{,}75\times30)=$$
$$24(5{,}85\times31+6{,}63\times28+2\times7{,}49\times31+4\times9{,}75\times61)=77.048$$

kilógramos de hulla de 8.000 calorías.

Reuniendo los resultados obtenidos, tendremos:

Gasto anual del hospital en hulla.

Para el calentamiento.....	18.127 kilóg.s
Para la ventilacion.....	77.048 »
Gasto total anual.....	95.175 »

Y como en Barcelona el precio de la hulla de 8.000 calorías (Cardiff) es de 200 reales la tonelada métrica (1.000 kilógr.), tendremos:

Gasto anual del hospital en reales.

Para el calentamiento.....	3.625 reales.
Para la ventilacion.....	15.409 »
Gasto total anual.....	19.034 »

III.

SEGUNDO SISTEMA (1).

Calentamiento. — *Por caloríferos exteriores de aire caliente.*
Ventilacion. — *Por chimeneas de aspiracion por abajo.*

Gasto de combustible por hora para el calentamiento de un pabellon en el mes de enero.

Segun la tabla de la página 565, el gasto de combustible será de 11,54 kilógramos de hulla de 8.000 calorías para 60.000 unidades de calor ó calorías por hora. Como cada pabellon solo exije 30.000, el consumo de hulla por hora y por pabellon durante el mes de enero será de

$\frac{11,54}{2} = 5,77$ .... 5,77 kil.s

Gasto de combustible por hora, necesario á la ventilacion en cada uno de los meses del año.

El gasto de combustible necesario á la ventilacion se calculará por el cuadro comparativo de la página 552, y será el mismo que en el sistema anterior. La segunda columna del cuadro comparativo citado, se puede aplicar al caso actual sin hacer la correccion correspondiente al volúmen de aire, que es insignificante, porque el cuadro comparativo se refiere á 10.000 metros de aire, y la ventilacion actual es de 10.080.

Seccion de los conductos de introduccion del aire nuevo.

Hemos visto, página 573, que el volúmen de aire que debe entrar por segundo en cada sala es de 0,466 metros cúbicos. Como cada una tiene en este proyecto tres conductos de introduccion, cada conducto de introduccion deberá dar paso por segundo á $\frac{0,466}{3} = 0,155$ metros cúbicos de aire nuevo. Admitiendo una velocidad de 0,5 metros por segundo (véase la página 456) en los conductos de introduc-

(1) Véanse los dibujos correspondientes.

cion, la seccion de cada uno de los tres conductos de cada sala será de

$\frac{0,155}{0,5} = 0,31$ metros cuadrados........ .... 0,31 m.²

Seccion de los conductos de evacuacion.

De cada sala deben salir por hora 0,466 metros cúbicos de aire viciado por segundo: como hay catorce conductos de evacuacion en este proyecto (véanse las *figuras* 29 *y* 30), el volúmen de aire viciado que debe salir por segundo por cada uno de los catorce conductos será

$\frac{0,466}{14} = 0,033$ metros cúbicos. Y como la velocidad en estos conductos

queremos que sea de 1 metro por segundo, su seccion será de 0,033 metros cuadrados.. 0,033 m.²

Seccion de la chimenea general de aspiracion por abajo.

Como en el proyecto anterior (léase todo lo relativo á este asunto, página 572), la seccion de dicha chimenea será de 1,12 metros cuadrados; pero como en este proyecto la chimenea general de aspiracion lleva en su interior una chimenea metálica, cuya seccion es de 0,038 metros cuadrados, para que quede al aire viciado una seccion libre de 1,12 metros cuadrados, es preciso que la gran chimenea de aspiracion tenga una seccion de $1,12 + 0,038 = 1,158$.......................... 1,158 m.²

Superficie de calentamiento del calorífero de cada pabellon.

Cada pabellon ó ala de edificio tiene un calorífero de aire caliente, cuyo gasto de combustible por hora es, segun hemos visto en la página anterior, de 5,77 kilógramos de hulla. La superficie de calentamiento del calorífero será, pues, de $5,77 \times 1,8 = 10,4$ metros cuadrados... 10,4 m.²

Seccion de la chimenea del calorífero de cada pabellon y de la chimenea comun.

La seccion de la chimenea de un calorífero de aire caliente se determinará por una de las tres fórmulas siguientes, en que S representa la seccion buscada, y C el consumo de hulla que debe hacer el calorífero en kilógramos y por hora:

$$S = \frac{C}{1,87} \ldots\ldots S = \frac{C}{2,58} \ldots\ldots S = \frac{C}{5,02}$$

S está expresado en decímetros cuadrados. La primera se aplica en el

caso en que la altura de la chimenea es de 10 metros, la segunda cuando es de 20, y la tercera cuando es de 30 metros. Aplicando á nuestro caso la última tendremos

$$S=\frac{5,77}{5,02}=1,9 \text{ decímetros cuadrados,}$$

ó 0,019 metros cuadrados..... 0,019 m.²

Economía que reporta la ventilacion alojando la chimenea de los caloríferos dentro de la de aspiracion.

Pero los conductos-chimeneas de cada calorífero, cuya seccion será la que acabamos de encontrar, se reunen en una sola chimenea metálica dentro de la gran chimenea de aspiracion. Esta chimenea metálica, que debe servir á ambos caloríferos, debe tener una seccion igual á la suma de las secciones calculadas para cada uno de los dos caloríferos; luego su seccion será 0,019+0,019=0,038 metros cuadrados..... 0,038 m.²

Esta economía puede valuarse, segun la opinion de los ingenieros más prácticos, en un 5 por 100 del combustible gastado en el calorífero; ó lo que es lo mismo, la diferencia de consumo de combustible del hogar especial de la chimenea de aspiracion cuando este marcha solo ó cuando marcha ayudado por la chimenea de los caloríferos, no puede valuarse más que en un 5 por 100 del combustible que estos últimos consumen. Como hemos visto que en los caloríferos de aire caliente se obtiene un efecto útil del 65 por 100 (pág. 562), resulta que la colocacion de la chimenea de los caloríferos dentro de la de aspiracion, utilizando un 5 por 100 más en la ventilacion, hace que definitivamente el efecto útil del combustible del calorífero sea de 70 por 100.

Gasto anual de combustible que exigirá el calentamiento y la ventilacion de todo el hospital.

El gasto de combustible para el calentamiento será, en una hora para el mes de enero, de 11,54 kilógramos de hulla de 8.000 calorías, como indica la tabla de la página 565. Precisamente dicha tabla está calculada para un calentamiento de 60.000 calorías, que es el que exije nuestro hospital; pero los números que contiene se aplican á un caso cualquiera, mediante una simple proporcion. El gasto de hulla por hora para el calentamiento en el mes de febrero, será de 9,23 kilógramos. Para marzo 6,92 kilógramos. Para diciembre 6,92 kilógramos.

Relativamente al gasto por hora para la ventilacion en cada uno de los meses del año, ya hemos dicho que podemos tomar los mismos números del cuadro comparativo de la página 552, sin alterarlos, por la pequeña diferencia que hay entre una ventilacion de 10.080 metros por hora y la de 10.000 del cuadro.

Pero es preciso disminuir á los consumos de combustible para la ventilacion de los meses de enero, febrero, marzo y diciembre, el 5 por 100 de que hemos hablado antes, correspondiente á los consumos de los caloríferos. En el mes de enero se gasta por hora en los caloríferos 11,54 kilógramos de hulla, cuyo 5 por 100 es 0,57 kilógramos. Segun la tabla de la página 552, el consumo de combustible para la ventilacion en el mes de enero sería, por hora, de 5,85. Desquitando 0,57 quedará 5,85—0,57=5,28. Este será, pues, el consumo real de combustible por hora para la ventilacion del mes de enero.

El coste de la ventilacion por hora para el mes de febrero será de 6,63, que es el número del cuadro comparativo, ménos el 5 por 100 del consumo de los caloríferos para el mismo mes, ó sea 6,63—0,05× 9,23=6,63—0,46=6,17 kilógramos de hulla de 8.000 calorías.

El consumo de hulla por hora para la ventilacion del mes de marzo será de 7,49—0,05×6,92=7,05 kilógramos.

El consumo de hulla por hora para la ventilacion del mes de diciembre será de 7,49—0,05×6,92=7,05 kilógramos.

Ahora podemos formar la tabla que nos da el consumo real de combustible para el calentamiento y la ventilacion por hora en cada uno de los meses del año, que será como sigue.

	Consumo de hulla por hora en todo el hospital, y en los diferentes meses del año, para		
	EL CALENTAMIENTO.	LA VENTILACION.	EL CALENTAMIENTO Y LA VENTILACION.
Enero.....	11,54 kilóg.s	5,28 kilóg.s	16,82 kilóg.s
Febrero.....	9,23 »	6,17 »	15,40 »
Marzo.....	6,92 »	7,05 »	13,97 »
Abril.....	»	9,75 »	9,75 »
Mayo.....	»	9,75 »	9,75 »
Junio.....	»	9,75 »	9,75 »
Julio.....	»	9,75 »	9,75 »
Agosto.....	»	9,75 »	9,75 »
Setiembre...	»	9,75 »	9,75 »
Octubre.....	»	9,75 »	9,75 »
Noviembre...	»	9,75 »	9,75 »
Diciembre...	6,92 »	7,05 »	13,97 »

De esta tabla se deduce el consumo anual fácilmente. Suponiendo que el calentamiento fuese contínuo durante los meses de enero, febrero, marzo y diciembre, sin dejar de calentar una hora (cosa que en la práctica no sucederá nunca, y que es el caso más desfavorable para el gasto), el consumo de combustible para dichos cuatro meses será: $(11,54\times31+9,25\times28+6,92\times31+6,62\times31)24=25.080$ kilógramos de hulla de 8.000 calorías. Este será el consumo de hulla para el ca-

lentamiento, nunca interrumpido, del hospital durante los referidos cuatro meses.

El gasto anual de hulla para la ventilacion será:

$$24(5{,}28\times31+6{,}17\times28+7{,}05\times31+9{,}75\times30+9{,}75\times31+9{,}75\times30+9{,}75\times31+9{,}75\times31+9{,}75\times30+9{,}75\times31+9{,}75\times30+7{,}05\times31)=$$
$$(5{,}28\times31+6{,}17\times28+2\times7{,}05\times31+4\times9{,}75\times30+4\times9{,}75\times31)24=$$

75.661 kilógramos de hulla de 8.000 calorías. Este será el consumo de hulla para la ventilacion de todo el año, suponiéndola siempre constante.

Reuniendo los resultados obtenidos tendremos:

Gasto anual del hospital en hulla.

Para el calentamiento.....	25.080	kilóg. de hulla.
Para la ventilacion.....	75.661	»
Gasto total anual.....	100.741	»

Y como en Barcelona el precio de la hulla de 8.000 calorías (Cardiff) es 200 reales tonelada métrica (1.000 kilóg.):

Gasto anual del hospital en reales vellon.

Para el calentamiento.....	5.016	reales vellon.
Para la ventilacion.....	15.132	»
Gasto total anual.....	20.148	»

IV.

TERCER SISTEMA (1).

Calentamiento.—*Por caloríferos exteriores de agua caliente.*
Ventilacion.—*Por chimeneas de aspiracion por abajo.*

Gasto de combustible por hora, para calentar un pabellon en enero.

Segun la tabla de la página 565, dicho gasto será de 6 kilógramos, puesto que cada pabellon exije 30.000 unidades de calor por hora en el mes de enero, y la tabla se refiere á 60.000 por hora en dicho mes.. 6 kil.s

Superficie de caldeo de la caldera de cada pabellon.

Cada pabellon tiene su hogar y su caldera, donde el agua se calienta. Bajo dicha caldera se han de quemar por hora 6 kilógramos de hulla. La regla seguida por los constructores mas experimentados para hallar la superficie de caldeo máxima sin perjudicar al tiro, es la de dar 1 metro cuadrado de superficie de caldeo por cada 2,5 kilógramos de hulla que se hayan de quemar por hora. Aplicando estas reglas á nuestro proyecto, hallaremos que la superficie buscada será $\frac{6}{2,5} = 2,4$ metros cuadrados..... 2,4 m.²

Seccion de la chimenea del hogar de cada pabellon.

Esta seccion se calculará por las fórmulas mencionadas en la página 578. Aceptando para este proyecto la última, que es la que le conviene en razon á la altura de la chimenea, tendremos: $S = \frac{C}{5} = \frac{6}{5} = 2$ decímetros cuadrados, ó en metros cuadrados 0,02..... 0,02 m.²

---

(1) Véanse los dibujos correspondientes.

Cálculo de la superficie del calentamiento de los caloríferos de agua caliente colocados en la cueva de cada pabellon.

El agua, á su salida de la caldera ó entrada en el calorífero, estará á una temperatura de 90° próximamente: á su salida del calorífero ó regreso á la caldera, estará á 30°. La temperatura media del agua en el calorífero será, pues (como lo acredita la experiencia), de $\frac{90°+30°}{2}=60°$.

La temperatura de entrada del aire en el calorífero será de 8° por hipótesis, puesto que esta es la temperatura media del mes de enero en Barcelona. La temperatura de salida del aire caliente del calorífero debería ser de $8°+\frac{30.000}{5.040\times1,5\times0,24}=27°$. Pero admitamos como más desfavorable que llegue hasta 32°. La temperatura media del aire dentro del calorífero será de $\frac{8°+32°}{2}=20°$.

Tenemos, pues, que la temperatura media del agua caliente es 60°, y la del aire que se calienta es de 20°. La diferencia de esas dos temperaturas es la que origina la trasmision del calor del agua al aire al través de los tubos donde la primera circula. Dicha diferencia es $60°-20°=40°$.

Es un hecho completamente comprobado en muchísimos casos, y vulgar ya entre los constructores, que 1 metro cuadrado de fundicion ó de chapa de hierro calentada por vapor á 100° por un lado, y expuesta por el otro al aire á 15°, trasmite en las circunstancias ordinarias más desfavorables (posicion de los tubos, estado de la superficie) 800 calorías por hora. Este importante dato es el que se acepta generalmente por todos los constructores é ingenieros franceses, no solo para el sistema de calentamiento por vapor, sino lo mismo para el agua caliente. Pero en el caso citado del vapor, la diferencia que origina la trasmision es $100°-15°=85°$, y en nuestro proyecto es 40°. Cada metro cuadrado de nuestro calorífero, en lugar de trasmitir por hora 800 calorías, tras-

mitirá 800 $\frac{40^\circ}{85^\circ} = 377$ calorías (ley de Newton). Luego la superficie de calentamiento para un pabellon que exije 30.000 calorías por hora, será $\frac{30.000}{377} = 80$ metros cuadrados..... 80 m.²

Volúmen de agua que debe circular por el caloríferо, por segunno.

Como la caldera de un pabellon suministra agua á dos caloríferos colocados en la cueva, y como cada pabellon necesita 30.000 calorías por hora, resulta que cada calorífero debe dar 15.000 calorías por hora, y por segundo $\frac{15.000}{3.600} = 4,16$. El agua, entrando á 90° en el caloríferо y saliendo de él á 30°, ha dejado al aire 60 calorías por kilógramo. Para obtener las 4,16 calorías que necesitamos por segundo, deberá entrar ó salir por segundo en el calorífero un peso de agua de $\frac{4,16}{60} = 0,07$ kilógramos. El volúmen medio de estos 0,07 kilógramos de agua será de $0,07(1 + 0,0005 \times 60^\circ) = 0,072$ litros. Este será el volúmen del agua que entra por segundo ó sale del calorífero á la temperatura media de 60°. (El número 0,0005 es el coeficiente de dilatacion del agua)..... 0,072 lit.

Altura generatriz de la velocidad de circulacion del agua.

La altura generatriz (1) de la velocidad se debe á la diferencia de presiones ejercida por dos columnas de agua de 2 metros de altura, la una á 60° de temperatura, la otra á 90°. Como no pueden restarse las presiones medidas por alturas de líquido sin reducirlas antes á un líquido de la misma densidad para ambas (esto es, sin hacerlas homogéneas), valuemos ambas columnas en agua á 60°. La una ya lo está, y vale 2 metros.

Llamando d^{90} y d^{60} las densidades del agua á 90° y á 60° respectiva-

(1) O presion generatriz de la velocidad; lo mismo da, la una mide la otra, y recíprocamente.

mente, y aplicando el conocido principio de que dos columnas ó alturas flúidas que se equilibran están en razon inversa de las densidades, y llamando x la altura de agua á 60° que se equilibra con la de 2 metros á 90°, tendremos: $x = 2 \times \frac{d^{90}}{d^{60}} = \frac{1 + 0{,}0005 \times 60}{1 + 0{,}0005 \times 90} \times 2$ (sensiblemente, porque la densidad del agua á 0 no es 1); haciendo los cálculos, $x = 1{,}9712$ metros. Verificando ahora la resta, tendremos que la altura generatriz de la velocidad del agua en el calorífero será $2 - 1{,}9712 = 0{,}0288$ metros..... 0,0288 m.

Diámetro mínimo del circuito que debe recorrer el agua caliente.

Para que el volúmen de agua de 0.072 litros circule por segundo en el calorífero bajo la velocidad práctica que se establezca en el circuito, segun la altura generatriz ya encontrada y las resistencias que el circuito ofrezca, es preciso que este último no tenga una seccion menor que la mínima que vamos á determinar. El circuito que tiene que recorrer el agua para cada calorífero es de 2 metros al ascender en la caldera y columna ascendente, más 12 metros para ir al calorífero, más 21 en el mismo, más 12 metros al volver á la caldera. Longitud total del circuito recorrido por el agua, 47 metros.

La altura ó carga generatriz de la velocidad, hemos visto que era de 0,0288 metros. La altura correspondiente á cada metro de longitud de circuito será de

$$\frac{0{,}0288}{47} = 0{,}0006 \text{ metros.}$$

Buscando ahora en las tablas que contienen los diámetros de los tubos de conduccion de agua correspondientes á ciertos gastos prácticos ó reales y á ciertas alturas por metro de longitud, cuál es el diámetro que conviene á nuestro caso, encontraremos que el tubo de 5 centímetros puede satisfacer amplísimamente al gasto de nuestro calorífero que es 0,072 litros por segundo, y bajo una carga algo menor que la de 0,0006 metros. El diámetro mínimo del circuito será, pues, de 5 centímetros. Mayor que este número puede ser cuanto se quiera sin ningun inconveniente, menor no..... 0,05 m.

Distribucion de la superficie de calentamiento de cada calorífero.

Cada pabellon tiene dos caloríferos alimentados por la misma caldera. Cada calorífero tiene seis séries de tubos, recorridos simultáneamente por el agua caliente. Cada série de tubos, ó mejor dicho, los tubos de cada série, están en un plano vertical, como vimos en la descripcion. Cada série de tubos tiene, desarrollada, 21,2 metros de largo, y su superficie es de $21,2 \times 3,14 \times 0,1 = 6,65$ metros cuadrados. El diámetro de los tubos es de 0,1 metros. Son de hierro colado. La superficie de las seis séries de tubos de cada calorífero será $6 \times 6,65 = 39,90$ metros cuadrados. Los dos caloríferos de un mismo pabellon presentarán, pues, una superficie de calentamiento de $2 \times 39,90 = 80$ metros cuadrados próximamente, que es lo que habíamos calculado ya en la página 484.

Seccion de los conductos de introduccion de aire nuevo, frio ó caliente.

Como hemos visto en la página 573, el volúmen de aire que debe entrar en cada sala por segundo debe ser de 0,466 metros. Como hay en este proyecto dos conductos de introduccion por sala, cada uno deberá dar paso por segundo á

$$\frac{0,466}{2} = 0,233 \text{ metros cúbicos}$$

de aire. Admitiendo una velocidad mínima de 0,5 metros por segundo en dichos conductos (véase la página 455), la seccion de cada conducto será de

$$\frac{0,233}{0,5} = 0,466 \text{ metros cuadrados} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 0,466 \text{ m.}^2$$

Seccion de los conductos de evacuacion del aire viciado.

La seccion de cada uno de los 14 conductos de evacuacion del aire viciado, será lo mismo que hemos calculado en la pág. 578..... 0,033 m.²

Seccion de la chimenea comun á ambos de los dos pabellones.

Las dos chimeneas de los dos hogares de las calderas, que tienen cada una 2 decímetros cuadrados de seccion, como hemos visto en la página 483, se reunen en una sola, colocada dentro de la chimenea general de aspiracion. La seccion de la chimenea comun á los hogares de ambas calderas será, pues, de 4 decímetros cuadrados..... 0,04 m.²

Seccion de la chimenea general de aspiracion del aire viciado.

La seccion de esta chimenea, si estuviera libre, sería, como ya hemos explicado en la página 485, de 1,12 metros cuadrados; pero como ha de llevar en su interior la de los hogares de las calderas, que tiene 0,04 metros cuadrados, la seccion buscada será 1,12+0,04..... 1,16 m.²

Gasto anual del combustible para el calentamiento y la ventilacion de todo el hospital.

La tabla de la página 565 nos da en su tercera columna los consumos por hora de hulla para los cuatro meses de calentamiento, y con arreglo á las temperaturas medias de Barcelona; estos consumos son: para el mes de enero 12 kilógramos, para febrero 9,60, para marzo 7,20 y para diciembre 7,20.

Respecto á la ventilacion, el cuadro comparativo de la página 552 nos dará los consumos de hulla por hora correspondientes á todos los meses del año. Tomaremos los números de la columna relativa al sistema de chimeneas de aspiracion por abajo, que es el adoptado en este proyecto. Pero como hemos colocado dentro de la chimenea general de aspiracion, la metálica de los hogares de las calderas de agua caliente, tendremos alguna economía de combustible en la ventilacion de los meses de calentamiento, que son enero, febrero, marzo y diciembre. Esta economía, tratándose de los hogares de las calderas de agua caliente á baja presion, es valuada por los ingenieros franceses experimentados, en un 7 por 100, á lo más, del combustible que se consume en los hogares de las calderas. Debemos, por lo tanto, desquitar de los consumos de hulla para la ventilacion de los meses de enero, febrero, marzo y diciembre, que contiene el cuadro comparativo, el 7 por 100 de 12 para el mes de enero, el 7 por 100 de 9,60 para el de febrero, el 7 por 100 de 7,20 para el de marzo, y el 7 por 100 de 7,20 para el de diciembre.

Haciéndolo así, formaremos la tabla de los consumos de hulla por hora para el calentamiento y ventilacion del hospital en este proyecto.

	Consumo de hulla por hora en todo el hospital, y en los diferentes meses del año, para		
	EL CALENTAMIENTO.	LA VENTILACION.	EL CALENTAMIENTO Y LA VENTILACION.
Enero.....	12 kilóg.s	5,01 kilóg.s	17,01 kilóg.s
Febrero.....	9,6 »	5,96 »	15,56 »
Marzo.....	7,2 »	6,99 »	14,19 »
Abril.....	»	9,75 »	9,75 »
Mayo.....	»	9,75 »	9,75 »
Junio.....	»	9,75 »	9,75 »
Julio.....	»	9,75 »	9,75 »
Agosto.....	»	9,75 »	9,75 »
Setiembre...	»	9,75 »	9,75 »
Octubre.....	»	9,75 »	9,75 »
Noviembre...	»	9,75 »	9,75 »
Diciembre...	7,2 »	6,99 »	14,19 »

Con esta tabla se hallará fácilmente el consumo anual de combustible. Suponiendo que el calentamiento tenga lugar constantemente de dia y de noche durante los cuatro meses de enero, febrero, marzo y diciembre, el consumo anual de hulla para el calentamiento será:

$$(12\times31+9{,}6\times28+7{,}2\times31+7{,}2\times31)24=26.064$$ kilógramos de hulla de 8.000 calorías.

Suponiendo que la ventilacion sea constante durante los doce meses del año, el consumo anual de hulla para la ventilacion será:

$$(5{,}01\times31+5{,}96\times28+6{,}99\times31+9{,}75\times30+9{,}75\times31+9{,}75\times30+9{,}75\times31+9{,}75\times31+9{,}75\times30+9{,}75\times31+9{,}75\times30+6{,}99\times31)24=$$
$$24(5{,}01\times31+5{,}96\times28+2\times6{,}99\times31+4\times9{,}75\times31+4\times9{,}75\times30)=$$
$$24(5{,}01\times31+5{,}96\times28+2\times6{,}99\times31+4\times9{,}75\times61)=75.228.$$

Reuniendo los resultados obtenidos tendremos:

Gasto anual del hospital en hulla.

Para el calentamiento.....	26.064	kilógramos.
Para la ventilacion.....	75.228	»
Gasto total anual.....	101.292	»

Y como en Barcelona el precio de la hulla de 8.000 calorías (Cardiff) es de 200 reales la tonelada métrica (1.000 kilóg.), tendremos:

Gasto anual del hospital en reales.

Para el calentamiento.....	5.212	reales.
Para la ventilacion.....	15.045	»
Gasto total anual.....	20.257	»

V.

QUINTO SISTEMA (1).

Calentamiento.—*Por tubos y estufas de vapor, colocados en las mismas salas ó locales que han de ser calentados.*

Ventilacion.—*Por inyeccion mecánica.*

Superficie de calentamiento de los aparatos de un pabellon.

Hemos dicho ya que 1 metro cuadrado de placa metálica de fundicion ó de palastro, calentada por un lado por vapor á 100° y enfriada por la otra cara por aire á 15°, podia trasmitir siempre, aun en las condiciones más desfavorables en que se hiciese el experimento, 800 calorías por hora. En este proyecto, los aparatos de calentamiento ó tubos de vapor situados en el conducto central de las salas de enfermos, están rodeados de aire que tiene 8° al entrar en el conducto central (mes de enero), y sale de él (segun acredita la experiencia en el hospital de Lariboisière, cuya disposicion copiamos) á 20°, 22°, 24°, segun los casos. La temperatura media del aire no diferirá mucho en dicho conducto de 15°, y por lo tanto, podemos contar con la trasmision de las 800 calorías por metro cuadrado de tubo de vapor, y por hora. Pero, aunque la temperatura media del aire fuese notablemente superior á 15° en el conducto de introduccion, todavía podemos contar con la trasmision de las referidas 800 calorías, porque en este sistema de calentamiento por vapor, éste debe tener una presion de 1 ¼ atmósferas por lo ménos, y su temperatura es algunos grados superior á 100°.

Como cada pabellon necesita por hora 30.000 calorías, la superficie de calentamiento será de

$$\frac{30.000}{800} = 37{,}5 \text{ metros cuadrados} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 37{,}5 \text{ m.}^2$$

---

1) Véanse los dibujos correspondientes.

Distribucion de esta superficie de calentamiento.

Dando al tubo de vapor que se encuentra alojado en el conducto central que existe en el suelo de las salas, un diámetro de 8 centímetros, para que sirva, como en el hospital de Lariboisière, no solo para dar vapor á las estufas, sino tambien para empezar á calentar notablemente el aire frio, el cual acabará de calentarse al circular por los tubos de las estufas antes de penetrar en las salas; observando en seguida que dicho tubo tiene en cada sala una longitud de 29 metros, resultará demostrado que el tubo de vapor nos proporciona una superficie de calentamiento de $3\times29\times3,14\times0,08=22$ metros cuadrados. El tubo de retorno del agua de condensacion tiene solamente un diámetro de 3 centímetros, y acompaña al de vapor en los conductos centrales de las salas de enfermos. La superficie del tubo del agua de condensacion es de $3\times29\times3,14\times0,03=8$ metros cuadrados. Cada metro de superficie de calentamiento del tubo de retorno del agua de condensacion no puede estimarse para el calentamiento más que en medio metro de tubo de vapor. De modo que tenemos

$$22+\frac{8}{2}=26 \text{ metros cuadrados}$$

de superficie de calentamiento bien determinados. Hasta 37,5 metros cuadrados que debe tener cada pabellon, nos faltan $37,5-26=11,5$ metros cuadrados. Hay 9 estufas en cada pabellon (tres en cada sala); luego si estas 9 estufas fuesen de vapor, corresponderia á cada estufa una superficie de

$$\frac{11,5}{9}=1,27 \text{ metros cuadrados.}$$

Pero como las estufas están llenas de agua, y el vapor, en lugar de ceder al aire su calórico al través del metal, lo cede al agua, y como la trasmision del calórico al través del metal, y por unidad de superficie, es muchísimo más considerable en el segundo caso que en el primero para la misma diferencia de temperaturas, resulta que la superficie de trasmision del calor del vapor al agua de la estufa, será muchísimo

más pequeña que el número 1,27 metros. Será, como vamos á ver, de 0,03 metros cuadrados.

En efecto, se sabe que 1 metro de placa metálica calentado por vapor á 100° por una de sus caras, y enfriado por la otra cara por el contacto del agua, produce una condensacion de vapor de 3 kilógramos por hora, y para una diferencia de temperatura de 1° entre el vapor y el agua. Ahora bien, aun admitiendo que el agua de la estufa se caliente á 80°, tendremos una diferencia de temperaturas entre el vapor y el agua de la estufa, de más de 20°. La placa metálica que opera ó permite la trasmision del calor del vapor al agua de la estufa, producirá una condensacion de $3\times20=60$ kilógramos de vapor por hora y por metro cuadrado; ó de otro modo, dará paso á 60×550 calorías por hora y por metro cuadrado, $=33.000$ calorías. Como cada metro de tubo de vapor ó de estufa de vapor colocado en el aire y enfriado por este flúido, solo trasmite, como hemos visto, 800, resulta que cada metro cuadrado de superficie de calentamiento ó de trasmision de esta última clase, equivale á 0,024 metros cuadrados de la primera; luego los 1,27 metros cuadrados de superficie de calentamiento que deberia tener cada estufa de vapor, si el metal fuese enfriado por el aire, quedan reducidos á $1,27\times0,024=0,03$ metros cuadrados para nuestro caso. Esta pequeña superficie de calentamiento será muy suficiente para trasmitir del vapor al agua de las estufas la cantidad de calor necesaria.

Si se observa que entre el tubo de vapor y el del agua de condensacion presentan ya una superficie útil de calentamiento de 26 metros cuadrados para un pabellon de enfermos, cuando solo se necesitan 37,5 en el mes de enero para proporcionar las 30.000 calorías por hora, se comprenderá fácilmente que la mayor parte del invierno sobrará superficie de calentamiento, y no será preciso que funcionen todas las estufas; muchas veces no se necesitará la accion de ninguna de ellas. Por esta razon, aun en París en el hospital de Lariboisière, cuyo sistema hemos copiado en este proyecto, sucede que muchos dias no marchan todas las estufas, y están incomunicadas por medio de llaves, tanto con el tubo de vapor como con el tubo del agua de condensacion.

Superficie de calentamiento del generador de vapor para todo el hospital.

Admitiendo que de cada kilógramo de vapor se utilicen para el calentamiento hasta el máximum de 600 calorías (aprovechando casi todo el calor del agua de condensacion en el tubo de retorno), resulta que para obtener las 60.000 calorías por hora que en el mes de enero necesita el hospital, debemos producir por hora

$$\frac{60.000}{600} = 100 \text{ kilógramos}$$

de vapor. Y como en los buenos generadores que tienen una ámplia superficie de caldeo, y que producen el máximum de efecto útil del combustible (7 kilógramos de vapor por kilógramo de hulla de 8.000 calorías), cada metro cuadrado de superficie de caldeo produce 17 kilógramos de vapor, por término medio, tendremos que la superficie de caldeo ó calentamiento del generador deberá ser de

$$\frac{100}{17} = 5{,}88 \text{ metros cuadrados.}$$

Otra regla siguen tambien los ingenieros, basada sobre el consumo de combustible por hora. Para los generadores fijos y económicos, cuando el local no se escatima y la economía del combustible es la primera razon, dan como regla 1 metro de superficie de caldeo por cada 2,5 kilógramos de buena hulla que se hayan de quemar por hora. Pero recurriendo á la tabla de la página 565, veremos que el generador consumirá por hora en el mes de enero 15 kilógramos de hulla de 8.000 calorías. Luego la superficie de caldeo será de

$$\frac{15}{2{,}5} = 6 \text{ metros cuadrados.}$$

Aceptaremos este último número, cuya diferencia con el dado por la primera regla es insignificante..... 6 m.²

Fuerza del generador de vapor en caballos.

El consumo de vapor que exije un caballo de fuerza (75 kilográmetros por 1″) en las diferentes máquinas fijas, puede valuarse, como término medio, en 25 kilógramos de vapor por hora. Hemos visto que en el mes de enero, nuestro generador consumia por hora 15 kiló-

gramos de hulla, y podia producir, en las mejores condiciones, hasta $15 \times 7 = 105$ kilógramos de vapor. Con esta produccion, la fuerza de la caldera es de

$$\frac{105}{25} = 4{,}5 \text{ caballos} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4{,}5 \text{ cab.}^{s}$$

Fuerza que necesita la máquina de vapor que pone en movimiento el ventilador.

Ya hemos hecho, en la página 546, el cálculo de la fuerza que consume ó necesita el ventilador para producir una ventilacion útil de 10.000 metros de aire por hora, disponiendo las cosas de una manera análoga á la del hospital de Lariboisière. Allí hemos visto que la máquina necesita ser de 3 caballos..... 3 cab.^{s}

Distribucion del vapor producido durante todo el año.

La ventilacion ha de ser constante durante todo el año, dia y noche. Esta ventilacion exije, como hemos visto, una fuerza de 3 caballos constante, ó sea una produccion de vapor por hora de $3 \times 23 = 69$ kilógramos durante todo el año, dia y noche. ¿Encuentra esta produccion constante de vapor, encuentran los 69 kilógramos que cada hora salen de la máquina, una utilizacion ó empleo en el hospital? Veámoslo. En el mes de enero, el calentamiento solo, exije dia y noche 105 kilógramos, que es la produccion que corresponde al consumo de 15 kilógramos de hulla por hora. En el mes de febrero, el calentamiento del hospital solo, exije (véase la tabla de la página 565) 12 kilógramos de hulla ó sea $12 \times 7 = 84$ kilógramos de vapor por hora, dia y noche. De modo que en los meses de enero y febrero, todo el vapor que sale de la máquina (69 kilógramos por hora) es empleado en el calentamiento, y este aún exije un suplemento de vapor tomado directamente del generador; suplemento que para el mes de enero es de $105 - 69 = 36$ kilógramos de vapor, y para el mes de febrero será de $84 - 69 = 15$ kilógramos de vapor.

El calentamiento del mes de marzo exije en Barcelona 9 kilógramos de hulla, ó sea una produccion de vapor por hora de $9 \times 7 = 63$ kilógramos de vapor. En el mes de marzo, el vapor que sale de la caja de distribucion de la máquina será en Barcelona suficiente para el calentamiento, y sobrará muy poco ó nada, puesto que el cálculo da $69 - 63 = 6$ kilógramos.

Resulta de aquí, que la ventilacion de los meses de calentamiento no cuesta nada, absolutamente nada, por este sistema. Lo mismo que hemos dicho del mes de marzo queda dicho del mes de diciembre, cuya temperatura media en Barcelona es la misma que la de marzo.

Respecto á los ocho meses restantes, durante los cuales no hay calentamiento, los 69 kilógramos de vapor por hora que salen de la máquina tienen, en un hospital bien organizado, un empleo seguro durante el dia. El agua caliente, las cataplasmas, las bebidas que exijen todas las salas, los baños para los enfermos, y aun para el público algunas veces, como sucede en el gran hospital de Valencia, los lavaderos, secaderos, botica y laboratorio, etc., consumen, por regla general, mucho más vapor que los 69 kilógramos. Durante la noche es más difícil encontrar un empleo útil á los 69 kilógramos de vapor, porque cesan de funcionar algunas dependencias, y á ménos de colocarnos en circunstancias excepcionales, no debemos contar con el empleo útil y seguro más que de una parte de ese vapor, que atendidas las necesidades de este hospital, puede valuarse en $^1/_3$, ó sean 23 kilógramos por hora.

Resumiendo cuanto hemos dicho, resulta que la ventilacion en los meses de enero, febrero, marzo y diciembre no costará nada, y en los demás meses costará 69—23=46 kilógramos de vapor durante la noche y por hora, ó sea 23 kilógramos por hora y por dia de los ocho meses restantes. Estos 23 kilógramos de vapor por hora que cuesta la ventilacion en cada uno de los ocho meses, equivalen á un gasto de hulla de

$$\frac{23}{7}=3{,}3 \text{ kilógramos}$$

de hulla de 8.000 calorías, por hora, durante ocho meses.

Gasto anual de combustible para el calentamiento y la ventilacion de todo el hospital.

La tabla de la página 565 nos da, en su quinta columna, el gasto de hulla por hora para los cuatro meses de calentamiento, y con arreglo á las temperaturas medias de Barcelona. Estos consumos son: para el mes de enero 15 kilógramos, para el de febrero 12, para el de marzo 9 y para el de diciembre 9.

Respecto á la ventilacion, ya hemos visto en el párrafo anterior cuáles eran los gastos. Podemos, por lo tanto, formar la correspondiente tabla de los consumos de hulla para todos los meses.

	Consumo de hulla por hora en todo el hospital, y en los diferentes meses del año, para		
	EL CALENTAMIENTO.	LA VENTILACION.	EL CALENTAMIENTO Y LA VENTILACION.
Enero.....	15 kilóg.s	»	15 kilóg.s
Febrero.....	12 »	»	12 »
Marzo.....	9 »	»	9 »
Abril.....	»	3,3 kilóg.s	3,3 »
Mayo.....	»	3,3 »	3,3 »
Junio.....	»	3,3 »	3,3 »
Julio.....	»	3,3 »	3,3 »
Agosto.....	»	3,3 »	3,3 »
Setiembre...	»	3,3 »	3,3 »
Octubre.....	»	3,3 »	3,3 »
Noviembre...	»	3,3 »	3,3 »
Diciembre...	9 »	»	9 »

Con esta tabla se hallará fácilmente el consumo anual de combustible. Suponiendo que el calentamiento tenga lugar constantemente de dia y de noche durante los cuatro meses de enero, febrero, marzo y diciembre, el consumo anual de hulla para el calentamiento será:

$$(15\times31+12\times28+9\times31+9\times31)24=32.616$$ kilógramos de hulla de 8.000 calorías.

El gasto para la ventilacion de los doce meses del año, suponiéndola constante, será

$$24(3,3\times30+3,3\times31+3,3\times30+3,3\times31+3,3\times31+3,3\times30+3,3\times31+3,3\times30)=$$
$$24(3,3\times30\times4+3,3\times31\times4)=$$
$$24(4\times3,3\times61)=$$

19.320 kilógramos de hulla de 8.000 calorías.

Reuniendo los resultados obtenidos tendremos:

Gasto anual del hospital en hulla.

Para el calentamiento.....	32.616	kilóg.s
Para la ventilacion..... ...	19.320	»
Gasto anual total.....	51.936	»

Y como en Barcelona el precio de la hulla de 8.000 calorías (Cardiff) es de 200 reales la tonelada métrica (1.000 kilóg.s), tendremos:

Gasto anual del hospital en reales.

Para el calentamiento.....	6.523	reales.
Para la ventilacion.....	3.864	»
Gasto total anual.....	10.387	»

Seccion de la chimenea del generador de vapor.

Para la altura de 25 metros que tiene en el proyecto dicha chimenea, su seccion se calculará por la fórmula

$$S=\frac{C}{5};$$

en la cual S es la seccion buscada en decímetros cuadrados, y C el consumo máximo de hulla por hora, que es de 15 kilógramos para el mes de enero. La seccion será, pues,

$$S=\frac{15}{5}=3 \text{ decímetros cuadrados}..... \quad 0{,}03 \text{ m.}^2$$

Seccion de cada uno de los tubos del ventilador.

El aire rechazado ó impelido por el ventilador se dirije, por un conducto de chapa de hierro ó palastro, al pabellon ó ala izquierda del hospital, y por otro igual al de la derecha. Por cada uno de dichos tubos, y antes de llegar á sus derivaciones ó ramificaciones, deben pasar por hora 5.040 metros cúbicos de aire, más las pérdidas de este flúido que hemos supuesto, ó sea un total de 6.000 metros cúbicos, con una velocidad de 10 metros por segundo, como hemos dicho ya al tratar del trabajo del ventilador. El volúmen de aire que por cada tubo debe pasar por segundo es pues de

$$\frac{6.000}{5.600}=1{,}666 \text{ metros cúbicos.}$$

Luego la seccion del tubo será de

$$\frac{1{,}666}{10}=0{,}1.666 \text{ metros cuadrados.}$$

El diámetro de los tubos porta-viento será de

$$\sqrt{\frac{4\times 0{,}166}{3{,}14}}=0{,}46 \text{ metros}..... \quad 0{,}46 \text{ met.}$$

Número de vueltas del ventilador por minuto.

La máquina de vapor funciona á una velocidad media ó normal de 60 vueltas de volante por minuto. La transmision del movimiento que hemos adoptado (véanse las *figuras* 49 *y* 50) cuadruplica este

número de vueltas en el arbol del ventilador. Dicha trasmision se opera por una correa desde el mismo árbol del volante al del ventilador. El diámetro de la polea del volante es 1 metro, y el de la polea del ventilador es de 0,25 metros. El número normal de vueltas del ventilador será pues de $4\times60=240$; pero la máquina puede, sin inconveniente alguno, funcionar á 80 vueltas por minuto, y entonces el ventilador daria $80\times4=320$ vueltas. De modo que el número de vueltas del ventilador por minuto varia de 240 á 320..... 240 á 320.

Sucede en toda máquina, que cuando su movimiento no se acelera ni se retarda es porque el trabajo motor es igual al trabajo resistente, comprendiendo en este último al trabajo útil y al absorbido por *toda clase* de resistencias pasivas. Este principio guia al ingeniero en la aplicacion de los ventiladores. El estudio de estos aparatos está lleno de dificultades, de tal modo que hoy no tiene medios seguros para calcular el número de vueltas que debe dar un ventilador por minuto, y su radio, para producir un efecto determinado. Tiene, por lo tanto, necesidad de ver los efectos que producen los existentes, bajo ciertas velocidades; y con estos datos y con reglas semi-empíricas, calcular el ventilador que necesite. Aun así sucederá, ó al ménos puede suceder, que el ventilador construido bajo la velocidad calculada, no absorbe la fuerza que se creyó, sino algo más ó algo ménos. En este caso, si la máquina de vapor recibe de este agente el trabajo *motor* que el ingeniero habia calculado, se verá que la máquina funcionará con más ó con ménos velocidad de la que corresponde á su marcha normal. Adoptando el ingeniero el coeficiente 0,1 para el trabajo útil del ventilador, esto es, suponiendo que este no aproveche más que un décimo del trabajo consumido en el árbol de la máquina, es seguro que esta tendrá la fuerza suficiente, y por lo tanto, no podrá sobrevenir más que un aumento en la velocidad normal de la misma. Si este aumento no pasa de cierto límite, no tiene inconveniente alguno; pero puede ser innecesario, porque el ventilador, tal vez, á la marcha normal, produzca el efecto que se queria. Fácilmente se comprueba esto, ya á mano, cerrando más la llave del tubo de vapor, ya automáticamente arreglando convenientemente el mecanismo del péndulo cónico. Entonces se com-

prueba la velocidad mínima del ventilador que da el efecto útil buscado, y esta debe ser la marcha normal, salvo los casos en que se quiera aumento de ventilacion. Los límites de velocidad del ventilador que se derivan de los límites extremos de *marcha conveniente* de la máquina de vapor, bastan para cubrir las incertidumbres del cálculo de los ventiladores para un efecto determinado. Pero si el ingeniero, apartándose notablemente de los pocos datos seguros que sobre ventiladores tenemos, viera que la máquina tomaba una velocidad desusada, y que esta velocidad era necesaria para el efecto útil del ventilador, cuyo número de vueltas estaba mal calculado, entonces necesita modificar ligeramente la trasmision del movimiento, ya aumentando el radio de la polea del árbol motor, ya disminuyendo el de la del ventilador, á fin de que este dé el número de vueltas que exije el efecto útil deseado, sin que la máquina tenga una velocidad inconveniente bajo muchos puntos de vista, cuyo estudio sale de los límites de este trabajo.

Diámetro del ventilador.

Admitiendo, como la experiencia comprueba, que en ventiladores de poca velocidad y del género que empleamos en nuestro proyecto, la velocidad del aire en los grandes tubos porta-viento sea solamente los $\frac{3}{5}$ de la velocidad de rotacion de los extremos de las paletas, el diámetro del ventilador, ó sea el doble de la distancia que separa el eje de las paletas del extremo de estas, se encontrará por la fórmula

$$3,14 \times x \times 4 = \frac{5}{2} \times 10:$$

en la cual 3,14 es la relacion de la circunferencia al diámetro; x el diámetro buscado; 4, el número de vueltas del ventilador por segundo; y $\frac{3}{5}$ la relacion entre la velocidad de rotacion del extremo de las paletas y la velocidad del aire en los tubos porta-viento. De dicha fórmula sale para el diámetro del ventilador $x = 1,2$ metros..... 1,2 met.

Todas las demás dimensiones relativas al ventilador, como la anchura, que es de 52 centímetros, la longitud de las paletas, su número, su inclinacion sobre el radio, y todos los detalles de construccion, pueden verse en las *figuras* 47, 49, 50, y en la descripcion.

Seccion de los orificios de introduccion del aire nuevo frio ó caliente en las salas.

En cada sala hay, como ya hemos visto en la pág. 592, tres estufas, por cuyos tubos tiene que entrar en aquella todo el aire nuevo. Hemos dicho ya (pág. 573), que en cada sala ha de entrar por segundo 0,466 metros de aire nuevo; luego por cada estufa debe entrar

$$\frac{0,466}{1}=0,155 \text{ metros de aire por segundo.}$$

Admitiendo una velocidad de entrada para este sistema doble que en todos los demás, cosa muy fácil de obtener con la ventilacion mecánica, la suma de las secciones de todos los conductos de una estufa será de

$$\frac{0,155}{1}=0,155 \text{ metros cuadrados.}$$

En las estufas de este sistema colocadas por los Sres. Thomas y Laurens en el hospital de Lariboisière, la suma de las secciones de todos los tubos de una estufa es de 0,147 metros cuadrados, y esta seccion aún se encuentra algo disminuida por los calados de las tapaderas de dichas estufas.

Cada estufa lleva doce tubos para el aire, iguales: la seccion de cada tubo será, pues, de

$$\frac{0,155}{12}=0,013 \text{ metros cuadrados.}$$

El diámetro de cada tubo para presentar esta seccion será de 0,127 metros..... 0.127 met.

Seccion de los conductos de evacuacion.

La seccion de cada uno de los 14 conductos de evacuacion que tiene cada sala de enfermos, será, como hemos calculado en la página 573, de..... 0,033 m.²

Tubo de conduccion del vapor á los tubos de condensacion y estufas. Su diámetro.

Esté tubo es de cobre, y de 3 centímetros de diámetro para cada pabellon..... 0,03 met.

Diámetro del tubo del agua de condensacion.

Este diámetro es tambien de 3 centímetros interiormente. Este tubo es de hierro estirado..... 0,03 met.

Cabida del vaso de agua de condensacion.

El vaso ó depósito del agua de condensacion, donde viene á reunirse el vapor condensado en todo el hospital, y que está colocado en la cueva, cerca de la máquina de vapor, tiene una cabida de 250 litros, que es suficiente para contener el vapor condensado en dos horas y media, en el mes que mayor cantidad se condensa, que es en el de enero..... 0,250 met.

VI.

SEXTO SISTEMA. (DE MR. LEON DUVOIR-LEBLANC) (1).

Calentamiento.—*Por circulacion de agua caliente en tubos y estufas colocados en las salas.*

Ventilacion.—*Por chimeneas de aspiracion por arriba.*

Combustible total gastado por hora en la caldera, en el mes de enero, para el calentamiento y la ventilacion de un pabellon.

Como hemos visto en la descripcion de este sistema, aplicado á un hospital de 144 enfermos, cada ala ó pabellon del edificio lleva una caldera de agua caliente que establece la circulacion de este líquido en las tres salas de enfermos, y además en la gran estufa establecida en la base de la chimenea de aspiracion. Hemos visto tambien en las bases generales, que cada pabellon necesita 30.000 calorías por hora para el calentamiento. La tabla de la pág. 565 nos da el gasto de combustible para producir este efecto con el sistema que nos ocupa: dicha tabla nos dice

(1) Véanse los dibujos correspondientes.

que el consumo de hulla en el mes de enero y por hora, para el calentamiento, será de

$$\frac{12}{2}=6 \text{ kilógramos.}$$

La tabla de la página 552 nos dará el consumo de hulla por hora para obtener la ventilacion de 10.000 metros cúbicos de aire con el sistema de ventilacion de que nos ocupamos. Este consumo es 11,81 kilógramos. Pero como la ventilacion de un pabellon exije solo 5.040 metros cúbicos de aire, número que es próximamente la mitad del de la tabla, el consumo de hulla por hora del mes de enero, para la ventilacion de un pabellon, será de

$$\frac{11,81}{2}=5,90 \text{ kilógramos.}$$

El consumo de hulla por hora para el calentamiento y la ventilacion de un pabellon será, pues, de 6+5,90=11,90 kilógramos..... 11,90

Superficie de caldeo de la caldera de cada pabellon.

Bajo la caldera se ha de quemar una cantidad de combustible de 11,9 kilógramos por hora, como acabamos de ver. Dando á la caldera 1 metro cuadrado de superficie de caldeo por cada 2,5 kilógramos de hulla que se hayan de quemar por hora, la superficie buscada será de

$$\frac{11,9}{2,5}=4,76 \text{ metros cuadrados.... ..... } 4,76 \text{ m.}^2$$

Seccion de la chimenea del hogar de la caldera de cada pabellon.

Esta seccion, calculada por la fórmula

$$S=\frac{C}{3} \text{ decímetros cuadrados,}$$

que es la que conviene á la altura de la chimenea en este proyecto, será:

$$S=\frac{11,9}{3}=4 \text{ decímetros cuadrados, próximamente.....} \quad 0,04 \text{ m.}^2$$

Diámetro mínimo del tubo de ascension del agua caliente y de los tubos de retorno del agua fria.

Hemos visto que el número de unidades de calor que cada pabellon necesita por hora, para el calentamiento, es de 30.000. El aire viciado llega á la chimenea á 18°; y como el aire exterior está á 8°, bastará que el aire viciado se caliente en la chimenea hasta 33° para tener el exceso de 25°, necesario (por lo ménos) para el tiro en este sistema. Los 5.040 metros de aire viciado que deben salir por hora por la chimenea, necesitarán

$$5.040\times 1,3\times 0,24\ (33°-18°)=5.040\times 1,3\times 0,24\times 15=23.587$$

calorías. De modo que cada pabellon exije por hora en el mes de enero, 30.000+23.587=53.587 calorías; y por segundo

$$\frac{53.587}{3.600}=15 \text{ calorías.}$$

El agua llega al depósito superior, llamado estufa de ventilacion, á una temperatura de 100°: cede en dicha estufa de ventilacion el calor necesario para esta, y recorre luego las de las salas de enfermos, dando el calor necesario al calentamiento, y vuelve á la caldera á unos 30° próximamente. Cada kilógramo de agua habrá cedido en el trayecto recorrido 100—30 calorías, ó sean 70. La cantidad de agua que debe circular por segundo será, pues, de

$$\frac{15}{70}=0,214 \text{ kilógramos.}$$

El volúmen de estos 0,214 kilógramos de agua, á la temperatura media del agua, que es

$$\frac{100° + 30°}{2} = 65°,$$

será de $0{,}214\,(1 + 0{,}0005 \times 65°) = 0{,}22$ litros.

El circuito total recorrido por el agua es de 20 metros al ascender, más dos veces la longitud de una sala, más 20 metros al descender á la caldera: total, $20 + 2 \times 29 + 20 = 98$ metros.

La altura total del agua es de 20 metros.

La altura ó carga generatriz de la velocidad, calculada como se dijo detalladamente en la página 585, será de

$$20^m - 20^m \times \frac{1 + 0{,}0005 \times 65°}{1 + 0{,}0005 \times 100°} = 20^m - 20^m \times 0{,}9833 = 20^m -$$

$$19^m{,}666 = 0{,}334 \text{ metros.}$$

La altura ó carga por metro de longitud del trayecto ó circuito recorrido por el agua es de

$$\frac{0{,}334}{98} = 0{,}003 \text{ metros.}$$

Buscando en las tablas citadas en la página 586 el diámetro de tubo que corresponde á un gasto por segundo de 0,22 litros, bajo la carga de 0,003 metros por uno de longitud, encontraremos que, bajo la carga de $0^m{,}0029$, un tubo de 5 centímetros de diámetro da más de doble del volúmen de 0,22 litros que necesitamos. Aceptaremos, sin embargo, este diámetro; y como en lugar de un tubo de ascension ponemos dos, como lo ha hecho Mr. Duvoir-Léblanc en el hospital de

Lariboisière, daremos á cada uno un diámetro de 4 centímetros. En los cálculos anteriores hemos supuesto que solo habia un tubo descendente para el agua, el cual habia de conducir los 0,22 litros por segundo; pero como cada sala tiene su tubo especial, resulta que basta dar á los tubos descendentes del agua un diámetro de 3 centímetros. Seguramente que todos estos tubos, calculados por exceso, tienen un diámetro más que suficiente para el efecto que han de producir, no obstante los codos y ensanches bruscos del circuito; pero no hay en ello inconveniente alguno, y lo habria muy grande en que tuviesen un diámetro insuficiente. Cada tubo lleva su llave, por medio de la cual se gradúa su gasto correspondiente, ó sea la cantidad de agua que pasa por él por segundo.

Superficie que deberia tener, para el mes de enero, la estufa de ventilacion colocada en la chimenea.

Hemos visto que esta estufa, que contiene agua á 100°, colocada en la base de la chimenea de aspiracion, debe emitir por hora 23.587 calorías, que absorberá el aire viciado. La temperatura del aire al entrar en esa gran estufa es de 18°: debe salir de ella á 33°: la temperatura media del aire en la estufa será, pues, de

$$\frac{33^\circ + 18^\circ}{2} = 25^\circ \text{ próximamente.}$$

La diferencia de temperaturas que origina la trasmision del calor del agua de la estufa al aire viciado, será de $100^\circ - 25^\circ = 75^\circ$.

Cada metro cuadrado de superficie de estufa ó de sus tubos trasmitirá al aire por hora

$$800 \times \frac{75^\circ}{85^\circ} = 705 \text{ calorías.}$$

Luego la superficie de calentamiento que exigiria la gran estufa de ventilacion para el mes de enero sería de

$$\frac{23.587}{705} = 33{,}5 \text{ metros cuadrados} \ldots\ldots\ldots\ldots 33{,}5 \text{ m.}^2$$

Temperatura media á que saldrá el agua de la gran estufa de ventilacion, en el mes de enero.

Circulan, como hemos visto, en cada segundo por cada pabellon 0,214 kilógramos de agua, ó sea por hora $0{,}214 \times 3600 = 770$ kilógramos. Estos 770 kilógramos de agua, que entran á 100° en el aparato ó gran estufa de la ventilacion, saldrán de ella á una temperatura $x°$, que vendrá dada por la siguiente ecuacion:

$$23.587 = 770\ (100° - x°).$$

De donde $x° = 69°,5$ ..... 69°,5.

Superficie de calentamiento de los tubos y estufas de agua caliente.

Tenemos, segun acabamos de ver, que el agua que ha de servirnos para el calentamiento en invierno, aunque calentada á 100°, no entra en las estufas mas que á 69°,5. Cuando este agua vuelve á la caldera despues de haber efectuado el calentamiento del aire nuevo, conserva aún una temperatura de 30°. La temperatura media del agua en las estufas y tubos de las salas de enfermos será por lo tanto de

$$\frac{69°,5 + 30°}{2} = 50° \text{ próximamente.}$$

Veamos ahora cuál es la temperatura media del aire nuevo *mientras se calienta*. El aire frio á 8° penetra en los conductos que existen dentro del suelo de las salas: allí empieza á calentarse por el contacto de los tubos y botellas de agua caliente, y luego atraviesa las estufas para entrar por la parte superior de estas en las salas á una temperatura lo mas de 30°. La temperatura media del aire mientras se calienta será, pues, de

$$\frac{8 + 30}{2} = 19°.$$

Por otra parte, la superficie exterior de las estufas tambien trasmite calor á un aire cuya temperatura es muy próxima á 19°, puesto que es 18°. Tomarèmos, pues, como temperatura media general del aire la de 19°.

La diferencia media de temperaturas que origina la trasmision del calor del agua al aire, será, pues, de $50° - 19° = 31°$. En estas condiciones, cada metro cuadrado de superficie de calentamiento (tubos, estufas, botellas) trasmitirá por hora

$$800 \frac{31°}{85°} = 292 \text{ calorías.}$$

Y como cada pabellon exije para el calentamiento 30.000 calorías por hora, tendremos que la superficie total de calentamiento de los aparatos para un pabellon (tubos, estufas, botellas) será de

$$\frac{30.000}{292} = 103 \text{ metros cuadrados} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 103 \text{ m.}^2$$

Distribucion de esta superficie de calentamiento.

El tubo que conduce el agua caliente á las estufas, y que se encuentra alojado en el conducto de introduccion del suelo de las salas, presenta en cada sala un largo de 29 metros y un diámetro de 3 centímetros. La superficie de todos los tubos de las tres salas, ó sea del pabellon, será, pues, de $3 \times 29 \times 3{,}14 \times 0{,}03 = 7{,}5$ metros cuadrados.

Quedará para todas las estufas de un pabellon una superficie de $103 - 7{,}5 = 95{,}5$ metros cuadrados.

Si queremos, como indican los planos, establecer tres estufas en cada sala de enfermos, habrá nueve en un pabellon, y la superficie de cada estufa será de

$$\frac{95{,}5}{9} = 10{,}6 \text{ metros cuadrados.}$$

Si aceptamos el mismo modelo de estufas empleado por Mr. Duvoir-Léblanc para el hospital de Lariboisière, tendremos que cada estufa tendrá las dimensiones siguientes:

Altura de la estufa..... 1,5 metros.
Diámetro..... 0,8 »

Lo que da para la superficie exterior de la estufa 3,7 metros cuadrados. Hay además un tubo central de un diámetro de 0,4 metros y el alto de la estufa, doce tubos del mismo largo y de 0,1 metro de diámetro. La superficie total de estos tubos por donde circula el aire, y que constituyen por lo tanto superficies de calentamiento, es de 7,5 metros cuadrados. La superficie total de calentamiento de dichas estufas será, pues, de $7,5+3,7=11,2$ metros cuadrados.

Aunque las estufas que necesitamos para nuestro proyecto no exijen mas que una superficie de 10,6 metros cuadrados, se ve que podemos emplear sin inconvenientes el mismo modelo de Mr. Duvoir-Léblanc, y así lo hemos hecho en los dibujos.

Comprobacion.

Hemos visto que los 770 kilógramos de agua que circulan por hora en un pabellon de nuestro hospital, dejarán en el aparato superior ó gran estufa de ventilacion 23.587 calorías, y salen de dicha gran estufa á una temperatura de 69,5°. En este momento empiezan á utilizarse en el calentamiento del pabellon los dichos 770 kilógramos, y entran en la caldera á 30°. El calor que pierden los 770 kilógramos, y que utiliza el calentamiento, es, pues, de $770\,(69°,5-30°)=30.415$ calorías, que son próximamente las 30.000 calculadas para el calentamiento de cada pabellon.

Superficie real de calentamiento que debe presentar la gran estufa de la ventilacion.

Hemos calculado antes la superficie de calentamiento que exijiria la gran estufa de ventilacion para el mes de enero, y hemos encontrado que esta debia ser de 33,5 metros cuadrados. Pero esta superficie sería evidentemente pequeña en verano, porque el aire viciado necesita más calorías para adquirir el exceso constante de 25° (mínimum para este sistema de ventilacion) sobre la temperatura del aire exterior. Para ponernos en el caso más desfavorable á la trasmision del calor, supongamos que la temperatura media del aire es de 26°, que es próximamente la media del mes de agosto en Barcelona. La temperatura de entrada del aire viciado en la estufa será, pues, de 26°. La de salida será de $26°+25°=51°$. La temperatura media del aire *mientras se calienta* será de

$$\frac{26°+51°}{2}=38°\text{ próximamente.}$$

La temperatura del agua caliente es de 100° en la gran estufa de ventilacion; luego la diferencia media de temperaturas que origina la trasmision del calor del agua al aire viciado es de 100°—38°=62°. En estas condiciones, un metro cuadrado de superficie de calentamiento trasmite por hora

$$800\frac{62^\circ}{85^\circ}=583 \text{ calorías.}$$

La superficie de calentamiento de la gran estufa es ahora fácil de calcular. Los 5.040 metros cúbicos de aire viciado que salen por hora de un pabellon deben absorber

$$5.040\times1,3\times0,24(51^\circ-26^\circ)=5.040\times1,3\times0,24\times25^\circ=39.312 \text{ calorías.}$$

Luego la superficie de calentamiento de la gran estufa de ventilacion será de

$$\frac{39.312}{585}=67 \text{ metros cuadrados próximamente.....} \quad 67 \text{ m.}^2$$

Vemos por lo que antecede, que el calentamiento del aire viciado para la ventilacion, por este medio, exije una superficie de caldeo enorme. Mr. Leon Duvoir-Leblanc colocó en cada uno de los pabellones del hospital de Lariboisière (cada pabellon tiene 102 enfermos) una gran estufa para la ventilacion, que tenia solamente 40 metros cuadrados de superficie. Este dato es el que consigna Mr. Péclet en su última edicion del *Tratado del calor*, calificando de enorme esta superficie (página 268, párrafo 2516, tercer tomo). Si Mr. Péclet hubiese calculado la superficie de calentamiento que exijia la gran estufa de Lariboisière, le hubiera parecido exígua para el objeto. En efecto, Mr. Duvoir-Leblanc ha tenido necesidad de ensanchar posteriormente la base de la chimenea, y colocar un cierto número de cilindros de agua caliente, aumentando así la superficie de calentamiento hasta 87 metros cuadrados, que tiene actualmente la gran estufa de ventilacion.

Conductos de introduccion del aire nuevo. Su seccion.

Colocando el mismo modelo de estufa que Mr. Duvoir-Leblanc ha establecido en Lariboisière, el aire nuevo, frio ó caliente, entra en las salas por los 13 tubos que tiene cada estufa. El tubo central de la estufa presenta una seccion de 0,1256 metros cuadrados. Los 12 pequeños presentan una suma de secciones de 0,0942 metros cuadrados. La suma total de las secciones de todos los tubos de una estufa es de 0,2198 metros cuadrados.

Cada sala debe recibir por segundo 0,466 metros cúbicos de aire (página 573). Hay 3 estufas en cada sala; luego cada estufa debe dar

$$\frac{0,466}{3}=0,155 \text{ metros cúbicos}$$

por segundo. Dividiendo este volúmen por la seccion 0,2198, vemos que la velocidad de entrada del aire será

$$\frac{0,155}{0,2198}=0,7 \text{ metros.}$$

Seccion de los conductos de evacuacion.

La seccion de cada uno de los 14 conductos de evacuacion del aire viciado que tiene cada una de las salas de enfermos será, como hemos calculado en la página 578, de..... 0,033 m.²

Gasto anual de combustible para el calentamiento y la ventilacion de todo el hospital.

La tabla de la página 565 nos da, en su sexta columna, el gasto de hulla, por hora, para los cuatro meses de calentamiento, y con arreglo á las temperaturas medias de Barcelona. Estos consumos son: para el mes de enero 12 kilógramos, para el de febrero 9,60, para el de marzo 7,20 y para el de diciembre 7,20.

Respecto á la ventilacion, el cuadro comparativo de la pagina 552 nos da, en su cuarta columna, los consumos de combustible por hora para cada uno de los meses del año.

Podemos, pues, formar la tabla que nos da el consumo de hulla para el calentamiento y la ventilacion, por hora, en cada uno de los meses del año, que será como sigue:

	Consumo de hulla por hora en todo el hospital, y en los diferentes meses del año para		
	EL CALENTAMIENTO.	LA VENTILACION.	EL CALENTAMIENTO Y LA VENTILACION.
Enero.....	12 kilóg.s	11,81 kilóg.s	23,81 kilóg.s
Febrero.....	9,60 »	13,39 »	22,99 »
Marzo.....	7,20 »	15,12 »	22,32 »
Abril.....	»	19,69 »	19,69 »
Mayo.....	»	19,69 «	19,69 »
Junio.....	»	19,69 »	19,69 »
Julio.....	»	19,69 »	19,69 »
Agosto.....	»	19,69 »	19,69 »
Setiembre...	»	19,69 »	19,69 »
Octubre.....	»	19,69 »	19,69 »
Noviembre...	»	19,69 »	19,69 »
Diciembre...	7,20 »	15,12 »	22,32 »

Con esta tabla se hallará fácilmente el consumo anual de hulla.

Suponiendo que el calentamiento tenga lugar constantemente, de dia y de noche, durante los cuatro meses de enero, febrero, marzo y diciembre, el consumo anual de hulla para el calentamiento será:

$$24(12\times31+9{,}60\times28+7{,}20\times31+7{,}20\times31)=$$

26.064 kilógramos de hulla de 8.000 calorías.

El gasto para la ventilacion de los doce meses del año, suponiéndola constante, será:

$$24(11,81\times31+13,39\times28+15,12\times31+19,69\times30+19,69\times31+19,69\times30+19,69\times31+19,69\times31+19,69\times30+19,69\times31+19.69\times30+15,12\times31)=$$
$$24(11,81\times31+13,39\times28+2\times15,12\times31+4\times19,69\times30+4\times19,69\times31)=$$
$$24(11,81\times31+13,39\times28+2\times15,12\times31+4\times19,69\times61)=$$

155.568 kilógramos de hulla de 8.000 calorías.

Reuniendo los resultados obtenidos tendremos:

Gasto anual del hospital en hulla.

Para el calentamiento.....	26.064	kilóg.s
Para la ventilacion.....	155.568	»
Gasto total anual.....	181.632	»

Y como en Barcelona el precio de la hulla de 8.000 calorías (Cardiff) es de 200 reales la tonelada métrica (1.000 kilóg.), tendremos:

Gasto anual del hospital en reales.

Para el calentamiento.....	5.212	reales.
Para la ventilacion.....	31.113	»
Gasto total anual.....	36.325	»

VII.

SÉPTIMO SISTEMA. (DE MR. HAMELINCOURT.) (1)

Calentamiento.—*Por circulacion de agua caliente en tubos colocados en los muros.*

Ventilacion.—*Por aspiracion á nivel.*

Combustible que exige el calentamiento y la ventilacion de todo el hospital durante una hora en el mes de enero.

No habiendo en este proyecto más que una sola caldera de agua caliente para los dos pabellones de enfermos, ó sea para todo el hospital, los cálculos deben referirse al consumo total de combustible.

El calentamiento de todo el hospital durante una hora del mes de enero, vemos en la tabla de la página 565 que exije 12 kilógramos.

La ventilacion de una hora del mes de enero, vemos en el cuadro comparativo de la página 552 que cuesta 8,51 kilógramos de hulla.

Luego el gasto total de hulla por hora del mes de enero será de 12+8,51=20,51 kilógramos..... 20,51 kil.s

Superficie de caldeo de la caldera de agua caliente para todo el hospital.

Dando un metro de superficie de caldeo por cada 2,5 kilógramos de hulla á quemar por hora, la superficie de caldeo de la caldera es

$$S=\frac{20,51}{2,5}=8,2 \text{ metros cuadrados.} \ldots\ldots\ldots\ldots 8,2 \text{ m.}^2$$

Seccion de la chimenea del hogar de la caldera de agua caliente.

Esta seccion, calculada por la fórmula

$$S=\frac{C}{5} \text{ decímetros cuadrados,}$$

que es la que conviene á la altura de la chimenea en este proyecto, dará

$$S=\frac{20,51}{5}=6,84 \text{ decímetros cuadrados}\ldots\ldots\ldots\ldots 0,0684 \text{ m}^2$$

---

(1) Véanse los dibujos correspondientes.

Superficie de calentamiento para un pabellon.

El agua entra en los tubos destinados á calentar el aire á una temperatura de 100°, y sale de ellos á 30°. La temperatura media del agua en los tubos es, por lo tanto, de

$$\frac{100+30}{2}=65°.$$

El aire, en el mes de enero, entra en los conductos donde los tubos se encuentran alojados á 8°, y sale de estos ó entra en las salas á una temperatura de

$$8°+\frac{30.000}{1,3\times0,24\times5,040}=8°+19°=27°;$$

pero admitamos que el aire entre en las salas á 30°, como caso más desfavorable para la trasmision del calor del agua al aire, que es lo que vamos á estudiar. La temperatura media del aire mientras se calienta, será, pues, de

$$\frac{8°+30°}{2}=19°.$$

La diferencia de temperatura entre el agua y el aire será, pues, de 65°—19°=46°. Esta diferencia de temperaturas es la que origina la trasmision del calor del agua al aire. En estas condiciones, un metro cuadrado de superficie de calentamiento trasmitirá por hora (véase la pág. 584):

$$800\frac{46°}{85°}=433 \text{ calorías.}$$

Luego la superficie de calentamiento destinada á calentar el aire nuevo de un pabellon, ó sean los 5.040 metros de aire por hora, aire que deberá llevar á las salas 30.000 unidades de calor, será

$$\frac{30.000}{433}=69 \text{ metros cuadrados}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 69 \text{ m.}^2$$

Distribucion de esta superficie de calentamiento.

Admitiendo, como puede verse en los dibujos de este proyecto, que hay ocho conductos de aire nuevo para cada sala, cada uno de estos ocho conductos deberá contener una superficie de calentamiento de

$$\frac{69}{8}=8{,}6 \text{ metros cuadrados.}$$

Como en cada conducto de introduccion van tres tubos para calentar el aire, la superficie de cada tubo de agua caliente será

$$\frac{8{,}6}{3}=2{,}86 \text{ metros cuadrados.}$$

Como cada tubo tiene de largo 18 metros útiles, el diámetro d de los tubos de agua caliente se determinará por la fórmula $18\times3{,}14\times d=2{,}86$; de donde sacaríamos para el valor del diámetro de los tubos de agua caliente destinados á calentar el aire, $d=0{,}050$ metros..... 0,050 m.

Superficie de calentamiento que exige la ventilacion de verano.

Vamos á calcular la superficie de calentamiento que exije la ventilacion de verano, porque si la calculásemos para el mes de enero sería insuficiente, como hemos visto en el estudio del proyecto anterior.

Admitiendo, como en el ejemplo precedente, que la temperatura de entrada del aire en los conductos sea de 26° (temperatura media de agosto en Barcelona), y que el aire viciado haya de recibir, como en invierno, un exceso de temperatura de 25° sobre el aire exterior, á fin de que la ventilacion sea la misma en todas las estaciones, la temperatura media del aire mientras se calienta será de

$$\frac{26^\circ+51^\circ}{2}=38^\circ \text{ próximamente.}$$

La temperatura media del agua en los tubos hemos ya visto que es 65°. La diferencia media de temperaturas que origina la trasmision del calor del agua al aire es, pues, de 65°—38°=27°. En estas condiciones, un metro cuadrado de superficie de calentamiento trasmite (pág. 584)

$$800\frac{27^\circ}{85^\circ}=254 \text{ calorías.}$$

Luego la superficie de calentamiento necesaria para la ventilacion es

$$\frac{39.312}{254}=155 \text{ metros cuadrados}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 155 \text{ m.}^2$$

El número 39.312=5.040×1,5×0,24×25°, es el número de calorías que deben absorber por hora los 5.040 metros de aire viciado, cuya temperatura ha de pasar de 26° á 51°; calorías que han de ser cedidas al aire por los tubos de agua caliente.

Si en lugar de haber hecho los cálculos para el mes de agosto, que es el que exije mayor superficie de calentamiento, lo hubiéramos hecho para el mes de enero, que es el que exije ménos, hubiéramos encontrado un número mucho más pequeño que el de 155 metros cuadrados. En efecto, la temperatura del aire viciado al entrar en los conductos de evacuacion, en el mes de enero, es de 18°. La temperatura de salida debe ser tal, que el exceso del aire viciado sobre el exterior sea, como siempre, de 25°; y como esta última es de 8°, no necesitamos calentar el aire más que hasta 33°, desde los 18° que ya tiene. La temperatura del aire mientras se calienta pues, será, de

$$\frac{18+33}{2}=25^\circ \text{ próximamente.}$$

La temperatura media del agua es de 65°. La diferencia media de temperaturas que origina la trasmision, será de 65°—25°=40°. El número de calorías que los 5.040 metros de aire viciado han de absorber por hora es de $5.040 \times 1,3 \times 0,24 \times (35° - 18°) = 23.587$. El número de calorías que cada metro de superficie de calentamiento trasmite por hora y para la diferencia de temperaturas de 40°, es

$$800 \frac{40°}{85°} = 376.$$

La superficie de calentamiento que exije la ventilacion de invierno será, por lo tanto, de

$$\frac{23.587}{376} = 63 \text{ metros cuadrados,}$$

en lugar de los 155 que exije la misma ventilacion en el mes de agosto.

Vemos, pues, tanto en este proyecto como en el anterior, que la superficie de calentamiento que exije la ventilacion no es la misma en los diferentes meses del año, sino que, al contrario, existen enormes diferencias entre las extremas que corresponden en Barcelona al mes de enero (63 metros) y al de agosto (155). Los ingenieros y constructores suelen no tener presente una cosa de tanta importancia, y un ejemplo de ello hemos citado en el estudio del anterior sistema de Mr. Duvoir-Leblanc. Este constructor calculó en 40 metros cuadrados la superficie de calentamiento que exijia la ventilacion de cada pabellon del hospital de Lariboisière, y ha tenido que irla aumentando sucesivamente hasta 87 metros que hoy tiene. Estamos seguros de que no es excesiva esta superficie, y la prueba la tenemos en los cálculos que hemos hecho en el anterior proyecto. En España, y sobre todo en las capitales de España de clima ardiente, esa superficie de 87 metros sería insuficiente.

Por otra parte, estamos seguros que Mr. Duvoir, Mr. Hamelincourt, y casi todos los ingenieros y constructores franceses, al resolver el proyecto de hospital que nosotros estamos estudiando, hubieran aceptado superficies de calentamiento para la ventilacion, notablemente más

pequeñas que nosotros. Que lo fuesen algo, se comprende por la diferencia tan grande de temperaturas medias mensuales que hay entre París y Barcelona. Que lo sean mucho no se comprende más que por las razones siguientes:

La primera es que tratan de escatimar hasta un punto inconveniente los gastos de primer establecimiento.

La segunda nace de las dificultades que hay para alojar tan grandes superficies de calentamiento.

La tercera de la repugnancia que suelen inspirar los sistemas de calentamiento que exijen gran material.

La cuarta, de que los ingenieros y constructores suelen no dar importancia á que la ventilacion sea algo inferior de lo que debiera ser durante unos cuantos dias, ó, por mejor decir, horas al año. ¿Qué significa para ellos que en ciertos dias y ciertas horas decaiga un poco la ventilacion? Y no se olvide que estos dias y estas horas son precisamente los de más calor, aquellos en que se desea más la ventilacion, no solo por comodidad sino por higiene. Los ingenieros y constructores han conseguido casi siempre que las comisiones nombradas para estudiar el efecto de su sistema y recibir los aparatos, hagan sus experimentos en invierno y en la primavera. Las comisiones facultativas forman su juicio con algunas sesiones hechas en las dos épocas citadas, y aceptan los resultados como si fueran aplicables á la ventilacion de los dias mas calorosos de agosto ó julio. Todavía tienen los ingenieros una razon mas para no cuidar de dar á los aparatos la gran superficie de calentamiento que exijen para los dias de mas calor; y es, que aun cuando las comisiones facultativas hayan encontrado una ventilacion algo *pequeña en la primavera ú otoño*, suele alegarse que, en cambio, en invierno hay un exceso de ventilacion; y por el *sistema de las medias*, resulta probado que el sistema es excelente, y que da por término medio la ventilacion que se habia contratado. Esto que acabamos de indicar, sin citar ejemplos, ha sucedido más de una vez en Francia; y es preciso confesarlo: los sistemas que, como el de Mr. Duvoir-Léblanc y Mr. Hamelincourt, usan el agua caliente para calentar el aire viciado, son no solamente más caros que el de chimeneas de aspiracion por abajo con hogar directo y especial, sino

que, por las razones dichas, presentan siempre una superficie de calentamiento para la ventilacion, que llega á ser insuficiente durante los dias de gran calor. Si las comisiones facultativas á que antes hemos hecho referencia hubieran hecho experimentos en los dias mas calorosos, y no hubieran considerado como compensacion á una débil ventilacion la excesiva que los aparatos puedan producir en otros dias de otras estaciones, los ingenieros se verian obligados á calcular las superficies de calentamiento, como lo hemos hecho nosotros, para el caso mas desfavorable, ó renunciarian á un sistema que conduce á dimensiones exageradas para los aparatos. La cuestion de la ventilacion de los edificios habitados es una cuestion mucho más difícil en la práctica que el calentamiento, y mucho más difícil de resolver con acierto y economía de lo que parece á primera vista.

Es evidente que calculadas como nosotros lo hemos hecho las superficies de calentamiento para la ventilacion en el caso más desfavorable, estas superficies serán excesivas en la primavera y otoño, y mucho más en el invierno. Así es en efecto; y todos los sistemas de este género deben tener medios de disminuir la superficie de calentamiento para la ventilacion, segun las circunstancias. En el sistema de cuyo estudio nos ocupamos, que es el de Mr. Hamelincourt, se aisla, por medio de las llaves de comunicacion que todos los tubos llevan, uno de ellos en cada conducto, ó dos, ó los que se necesiten. En el sistema de Mr. Duvoir-Léblanc se aislan en la gran estufa para la ventilacion los cilindros que se quieran. Los tubos ó cilindros aislados de la circulacion general del agua, quedan llenos de agua fria, y no sirven ya de superficie de calentamiento hasta el momento en que se necesitan, y en que se vuelven á abrir las llaves, y toman parte en el movimiento general del agua.

Distribucion de la superficie de calentamiento para la ventilacion, que corresponden á cada pabellon.

Hay en cada pabellon seis conductos destinados á la aspiracion del aire viciado; luego á cada conducto corresponde una superficie de calentamiento de

$$\frac{155}{6} = 26 \text{ metros cuadrados.}$$

Como en cada conducto hay cuatro tubos, la superficie de cada tubo será

$$\frac{26}{4} = 6{,}5 \text{ metros cuadrados.}$$

Como cada tubo tiene un largo de 18 metros, su diámetro será

$$\frac{6{,}50}{18 \times 3{,}14} = 0{,}11 \text{ metros próximamente.}$$

Este es el máximum de diámetro que se acostumbra dar á los tubos en este sistema. Cuando se necesita mayor superficie de calentamiento se aumentan los conductos de evacuacion, á fin de que no alojen mas de cuatro tubos, ni estos tengan mas de 11 ó 12 centímetros de diámetro.

Seccion de los conductos de introduccion de aire nuevo.

En cada pabellon hay ocho conductos de introduccion de aire nuevo, dispuestos como hemos visto en la descripcion, de tal modo que la tercera parte de su longitud sirve para cada sala. Cada sala debe recibir por hora, como vimos en la página 573, 0,466 metros cúbicos de aire nuevo por segundo. Cada conducto debe dar paso por consiguiente á

$$\frac{0{,}466}{8} = 0{,}058 \text{ metros de aire por segundo.}$$

Admitiendo, como en los otros sistemas, una velocidad del aire en ellos de 0,5 metros por segundo, la seccion de cada conducto será de

$$\frac{0{,}058}{0{,}5} = 0{,}116 \text{ metros cuadrados.}$$

A esta seccion debemos aumentar la de los tres tubos que en ellos se alojan, y que ya hemos determinado. Demos, pues, á los conductos una seccion de 0,136 metros cuadrados, lo que supone un exceso ó aumento de 0,02 para los tubos y sus collares ó bridas..... 0,136 m.²

Seccion de los conductos de evacuacion.

Por estos conductos deben salir de cada sala por segundo 0,466 metros de aire viciado. Como hay seis por sala, cada uno da salida á

$$\frac{0,466}{6} = 0,077 \text{ metros cúbicos por segundo.}$$

Admitiendo una velocidad de 1,5 metros por segundo, que puede admitirse en este sistema, como vimos en el correspondiente lugar de esta Memoria, la seccion de un conducto elemental será de

$$\frac{0,077}{1,5} = 0,051 \text{ metros cuadrados.}$$

Como cada grupo de tres conductos elementales se forma en los macizos de los muros, dividiendo por tabiques de panderete un solo conducto general, resulta que este debe tener una seccion de $3 \times 0,051 = 0,153$ metros cuadrados. Agregando á esta seccion la de los cuatro tubos, valuada en 0,04 metros cuadrados, tendremos definitivamente para la seccion de los grandes conductos de evacuacion $0,153 + 0,04 = 0,193$ metros cuadrados..... 0,193 m.²

Gasto anual de combustible para el calentamiento y la ventilacion de todo el hospital.

La tabla de la página 565 nos da en la séptima columna el gasto de hulla por hora para los cuatro meses de calentamiento, y con arreglo á las temperaturas medias de Barcelona. Estos consumos son: para el mes de enero, 12 kilógramos; para el de febrero, 9,6; para el de marzo, 7,2; para el de diciembre, 7,2.

Respecto á la ventilacion, el cuadro comparativo de la página 552 nos da en su tercera columna los consumos de hulla por hora para cada uno de los meses del año. Podemos por lo tanto formar la siguiente tabla:

	Consumo de hulla por hora en todo el hospital, y en los diferentes meses del año, para		
	EL CALENTAMIENTO.	LA VENTILACION.	EL CALENTAMIENTO Y LA VENTILACION.
Enero.	12 kiógs.	8,51 kiógs.	20,51 kilógs.
Febrero.	9,6 »	9,65 »	19,25 »
Marzo.	7,2 »	10,90 »	18,10 »
Abril.	»	14,19 »	14,19 »
Mayo.	»	14,19 »	14,19 »
Junio.	»	14,19 »	14,19 »
Julio.	»	14,19 »	14,19 »
Agosto.	»	14,19 »	14,19 »
Setiembre. . .	»	14,19 »	14,19 »
Octubre.	»	14,19 »	14,19 »
Noviembre. . .	»	14,19 »	14,19 »
Diciembre. . .	7,2 »	10,90 »	18,10 »

Con esta tabla se hallará fácilmente el consumo anual de hulla.

Suponiendo que el calentamiento tenga lugar constantemente, de dia y de noche, durante los cuatro meses de enero, febrero, marzo y diciembre, el consumo anual de hulla para el calentamiento será:

$$24(12\times31+9,6\times28+7,2\times31+7,2\times31)=$$

26.064 kilógramos de hulla de 8.000 calorías.

El gasto para la ventilacion de los doce meses del año, suponiéndola constante, será:

$$24(8{,}51\times31+9{,}65\times28+10{,}9\times31+14{,}19\times30+14{,}19\times31+14{,}19\times30+14{,}19\times31+14{,}19\times31+14{,}19\times30+14{,}19\times31+14{,}19\times30+10{,}90\times31)=$$
$$(8{,}51\times31+9{,}65\times28+2\times10{,}9\times31+4\times14{,}19\times30+4\times14{,}19\times31)24=$$
$$(8{,}51\times31+9{,}65\times28+2\times10{,}9\times31+4\times14{,}19\times61)24=$$

112.080 kilógramos de hulla de 8.000 calorías.

Resumiendo los resultados obtenidos tendremos:

Gasto anual del hospital en hulla.

Para el calentamiento.....	26.064	kilog.s
Para la ventilacion.....	112.080	»
Gasto total anual.....	138.144	»

Y como en Barcelona el precio de la hulla de 8.000 calorías (Cardiff) es de 200 reales la tonelada de 1.000 kilógramos, tendremos:

Gasto anual del hospital en reales.

Para el calentamiento.....	5.212	reales.
Para la ventilacion.....	22.416	»
Gasto total anual.....	27.628	»

VIII.

RESÚMEN COMPARATIVO.

Reuniendo los resultados referentes á los gastos anuales que ocasionarian el calentamiento y la ventilacion de nuestro hospital en Barcelona ó Valencia, y en las condiciones especiales que hemos explicado en la descripcion general y en el estudio anterior, formaremos la tabla siguiente de los

Gastos anuales de un mismo hospital, calentado y ventilado por seis procedimientos diferentes.

SISTEMAS.	GASTO ANUAL PARA		
	EL CALENTAMIENTO.	LA VENTILACION.	TODO.
Primero.....	5.625 reales.	15.409 reales.	19.034 reales.
Segundo.....	5.016 »	15.132 »	20.148 »
Tercero.....	5.212 »	15.045 »	20.257 »
Quinto.....	6.523 »	3,864 »	10.387 »
Sexto.....	5.212 »	31.113 »	36.325 »
Séptimo.....	5.212 »	22.416 «	27.268 »

Vemos, segun esta tabla, que el sistema mas económico es el *quinto*, cuyo gasto anual para el calentamiento y la ventilacion es de 10.387 reales. Es preciso, sin embargo, tener en cuenta que este sistema supone,

como hemos ya dicho, que se aprovecha el vapor de la máquina, casi en su totalidad, durante todo el año. De no ser así, este sistema sería el más caro de todos.

A estos gastos, que solo se refieren al combustible consumido en el calentamiento y la ventilacion, es preciso agregar: 1.° el que se refiere al personal para el servicio de los aparatos; 2.° el que se refiere al interés del capital invertido en la instalacion ó establecimiento del sistema; 3.° el que se deduce del tanto por ciento de amortizacion del capital, ó sea el gasto necesario para las reparaciones anuales. Estos tres números hay que sumarlos con los de la cuarta columna, para saber definitivamente cuál es el órden en que deben ser colocados los diferentes sistemas, segun la economía. Haciéndolo así, se verá que el *quinto* es el que tiene mayores gastos, por los tres conceptos indicados últimamente, y que su ventaja sobre los otros, aunque efectiva, no es tan grande como de la tabla se deduce. Despues del sistema *quinto* viene el *primero* en el órden de baratura ó economía. El *tercero* y el *segundo* pueden considerarse como igualmente económicos, *mientras los caloríferos de aire caliente*, empleados en calentar el edificio, sean en *igual número* (como hemos admitido en nuestro proyecto y dibujos) que las calderas de agua, y mientras no se obligue al aire de un calorífero de aire caliente á extenderse horizontalmente en *un rádio mayor* que 12 á 15 *metros*, tomando como centro el calorífero. Viene despues el *séptimo* sistema, y por último el *sexto*, que es el más caro. La diferencia notable que arroja la tabla entre estos dos últimos sistemas no proviene del calentamiento, sino de la ventilacion; y esta diferencia se explica observando que las dos ventilaciones empleadas en estos dos sistemas son: para el sexto la aspiracion por arriba, que es desventajosísima en el momento en que se la quiere obligar á dar el mismo volúmen de aire que los otros sistemas, y para el séptimo, la aspiracion á nivel.

En lo que precede hemos clasificado definitivamente los sistemas generales, en los cuales va combinado un sistema especial de calentamiento con el de ventilacion con que se ha combinado en la práctica más ordinariamente por los ingenieros y constructores.

Si queremos comparar los sistemas de calentamiento con indepen-

dencia de la ventilacion, la tabla anterior nos dice que el órden de clasificacion, con arreglo á su baratura, es el siguiente:

Primero.
Segundo.
Tercero.=Sexto.=Séptimo.
Quinto.

Esto es, que el calentamiento por caloríferos interiores es el más económico posible; que despues sigue el calentamiento por caloríferos exteriores de aire caliente; que viene en seguida el que se verifica por circulacion de aire caliente; y que el último es el calentamiento por el vapor.

Pero teniendo en cuenta los gastos de personal, de interés del capital empleado, y de la amortizacion del capital ó reparaciones, resulta:

Que el sistema de calentamiento más barato es el de caloríferos interiores.

Que todos los otros sistemas cuestan lo mismo próximamente, habiendo una lijera diferencia contra el del vapor, diferencia que proviene del mayor salario de los fogoneros en este caso.

Nuestras conclusiones encuentran una confirmacion en las subastas ó concursos hechos en Francia para calentar y ventilar un mismo edificio por una cantidad alzada, y por un cierto número de años, en los cuales han hecho proposiciones de todos los sistemas, ingenieros y autores.

No obstante las conclusiones á que hemos llegado, hay que decir que las condiciones de un edificio, el uso á que está destinado, las circunstancias de la construccion si el edificio está ya hecho, los elementos con que ya cuente, pueden imponer al ingeniero obstáculos insuperables á la adopcion del sistema más económico. Esto da orígen á un estudio especial que forma el objeto del capítulo VII.

Todos los sistemas de calentamiento y ventilacion descritos, adolecen en el verano del inconveniente sobre que tanto insistimos en la teoría de la ventilacion. Todos ellos sufren en esta época la nociva in-

fluencia de la abertura de las puertas ó ventanas. En el capítulo primero demostramos, que para evitar la perturbacion que sobre la ventilacion ocasiona la abertura de una puerta ó ventana, ó lo que es lo mismo, para conseguir la ventilacion más perfecta posible, era necesario tener en el verano una inyeccion y una aspiracion independientes la una de la otra. Debemos ahora agregar, que en rigor, solamente los hospitales son los edificios que exijen toda clase de sacrificios para conseguir la ventilacion más perfecta, y ménos expuesta á perturbaciones; y que el sistema *quinto* es el que mejor se presta á proporcionar en el verano la inyeccion independiente de la aspiracion: mas todavía; que este sistema puede darla en el verano casi sin aumento de gasto alguno. Recuérdese, que en los cálculos relativos á este sistema, hemos supuesto que no se aprovechase completamente todo el vapor de la máquina durante las noches de verano: que se perdiese algo. Pues bien, empleando en el verano este vapor perdido, solo ó con algun suplemento, en calentar serpentines de vapor colocados en la base de la chimenea que hay en el desván (véanse las *figuras* 41 *y* 45), tendremos, sin aumentar el gasto anual de 10.585 reales, ó con un pequeño aumento, la ventilacion más perfecta posible; tendremos durante el verano inyeccion mecánica, y aspiracion por arriba: cuando ahora los edificios que hay calentados y ventilados por este sistema, como los pabellones de hombres del hospital de Lariboisière, no tienen durante el verano más que la inyeccion. Véase cómo los edificios que tienen ya establecido el sistema *quinto*, pueden, sin exijir obra alguna, sin más gasto de instalacion que un serpentin, recibir la importantísima mejora de la inyeccion independiente de la aspiracion, en el verano. En el invierno ya la tienen, como hemos visto en el capítulo primero. Así se conseguirá que la cifra del volúmen de aire viciado evacuado en verano sea próximamente igual que en invierno, y no la mitad, como ahora sucede en Lariboisière.

Los caloríferos exteriores de aire caliente presentan ciertas ventajas de facilidad en la instalacion, y proporcionan un calentamiento más rápido de los locales que el vapor y que la circulacion del agua caliente: en cambio los dos últimos presentan mayor constancia y regularidad en

su accion, y tienen la ventaja de continuar calentando muchas horas despues de apagado el fuego. Un local completamente frio, puede calentarse en muy poco tiempo con los caloríferos de aire caliente; pero una vez que el fuego languidece ó se apaga, se hace sentir rápidamente el enfriamiento del local. Cuando se emplea el vapor ó el agua, como que hay que calentar grandes cantidades de líquido, y este tiene una gran capacidad calorífica, se necesita un cierto tiempo para elevar la temperatura del local; pero una vez conseguido el objeto, y calentados los muros y el agua, continúan funcionando los aparatos aun despues de apagarse el fuego bajo la caldera. Estas diferencias son dignas de notarse y de tenerse presentes cuando se trata de calentar y ventilar ciertos edificios.

Una circunstancia especial hay que tener presente cuando se emplean los caloríferos exteriores de aire caliente, y es: que el aire calentado en estos aparatos, colocados generalmente en las cuevas, no debe extenderse á mayor distancia horizontal de 15 metros en todos sentidos á partir del calorífero. Si se dan longitudes mayores á los conductos que, partiendo del calorífero, conducen el aire caliente á los sitios donde se ha de utilizar, nos exponemos á perder mucho calor, ó á gastar mucho combustible en el calentamiento. En este caso hay que multiplicar los caloríferos, asignando á cada uno un espacio circular de 10 á 15 metros de radio, y repartiendo de este modo toda la planta del edificio que se quiere calentar.

No sucede lo mismo cuando se emplea el vapor ó el agua caliente, porque en estos casos las superficies de calentamiento se colocan lo más cerca posible del local que se quiere calentar. Acaso se dirá que aun así habrá á veces una gran distancia desde el generador de vapor ó caldera de agua caliente al sitio en que estén colocadas las superficies de calentamiento (tubos, estufas, etc.) Es verdad que puede suceder, y sucede, que el agua y el vapor tienen que recorrer grandes distancias para llegar á las superficies de calentamiento; pero no es lo mismo conducir *aire calentado*, que *vapor ó agua caliente:* el aire calentado ocupa un gran volúmen para contener una cierta cantidad de calor; sus conductos han de ser grandes, y las pérdidas de calor lo han de ser por este mo-

tivo; un tubo delgado, que presenta poca superficie de enfriamiento, conduce una gran cantidad de calor, cuando el vehículo de este agente es el agua ó el vapor: esta es la diferencia de conducir calor, sirviendo de vehículo el aire, y sirviendo el agua ó el vapor.

CAPITULO VII.

Sistemas de calentamiento y ventilacion mas convenientes en los diferentes edificios.

No obstante las conclusiones generales á que hemos llegado al comparar los diferentes sistemas de ventilacion entre sí, los de calentamiento, y las principales combinaciones de calentamiento y ventilacion, sucede que muchos edificios imponen condiciones especiales al ingeniero cuando se trata de aplicarles el calentamiento y la ventilacion, unas veces por la naturaleza de la construccion, otras por las formas generales de los edificios, otras por el uso á que están destinados, otras por estar construido el edificio, otras por razon de ornamentacion.

Ciertos edificios, como las iglesias por ejemplo, presentan un gran volúmen que viene á suplir la falta de ventilacion, de tal modo que esta es inútil en casi todo el año. Otros edificios, como los cuarteles y los presidios, presentan elementos no despreciables para el empleo de la ventilacion mecánica, elementos que no concurren en los demás. Las iglesias y los teatros no pueden recibir en su interior aparatos de calentamiento visibles para el público: en otros edificios no hay ningun inconveniente en hacerlo así. Al decir que las iglesias y teatros no deben contener aparatos visibles de calentamiento, nos referimos, en las iglesias al recinto sagrado del templo, y en los teatros á la sala de espectáculos, pero no á las demás dependencias de ambos edificios. Los hay que requieren un calentamiento y ventilacion contínuos, como

los hospitales; otros, como las escuelas, los teatros, los dormitorios de los cuarteles, las iglesias, no lo necesitan mas que en ciertas horas del dia. Hay edificios que pueden presentar al ingeniero, no solo elementos especiales para un sistema determinado de ventilacion, como ya hemos manifestado, sino tambien para el calentamiento, como son casi todas las fábricas y talleres que tienen motor de vapor ó produccion de vapor, y donde ningun sistema de calentamiento podrá, en la mayoría de los casos, competir con el producido por vapor, ó por vapor y agua combinados, ó sistema de Grouvelle, que, como ya sabemos, consiste en establecer circuitos parciales de circulacion de agua, calentada por el vapor de un generador único para todo el edificio.

El conjunto de circunstancias que acabamos de bosquejar hace que cada clase de edificios exija un estudio aparte, del cual deduce el ingeniero cuál es el sistema de calentamiento y ventilacion que mejor responde á las condiciones especiales de cada clase. Determinado el sistema de calentamiento y ventilacion mas conveniente á cada clase de edificios, todavía queda un ancho campo de estudio en las disposiciones particulares de detalle, que dentro de un mismo sistema de calentamiento y ventilacion sean mas convenientes en cada caso particular.

Dar reglas fijas é invariables para el último estudio es imposible. El ingeniero deberá conocer todos los medios de que, dentro de un mismo sistema, puede valerse para disponer los aparatos de calentamiento, los detalles de la introduccion del aire nuevo, los de la evacuacion, las secciones de todos los conductos, etc., etc., y elejir con buen criterio los que mejor se avengan con las circunstancias del local, y las condiciones de economía, de lujo, del servicio, de la construccion, que se les imponga.

Hemos dado en esta Memoria la descripcion de casi todos los medios de que se han valido los ingenieros para llenar las diferentes funciones del calentamiento y de la ventilacion: vamos en el capítulo presente á aplicar estas consideraciones á las principales clases de edificios, completando con ello nuestro estudio.

I.

CUARTELES.

En nuestro pais, una gran parte de los cuarteles están constituidos por edificios que fueron conventos, y que se han habilitado con poco gasto para su actual destino. Las antiguas celdas han formado los dormitorios actuales, mediante el derribo de los tabiques divisorios. Cuando el local ha sido pequeño para alojar la tropa, se han utilizado como dormitorios los cláustros: cuando no, estos han quedado como corredores generales y desahogo natural de los dormitorios. Estos edificios no ofrecen muchas dificultades para la ventilacion, en el caso en que, por presentar suficiente espacio cubierto, han recibido pocas obras nuevas; pero en el caso contrario, cuando se han levantado construcciones nuevas suplementarias en patios, corrales ó jardines, ó se han reunido varios edificios, el conjunto total presenta tal irregularidad, que es inútil pensar en un plan general de calentamiento y ventilacion, y tenemos que subdividir en grupos los dormitorios, para aplicar á cada grupo disposiciones especiales, que serán diferentes, aunque el principio á que obedezcan sea el mismo. Hay casos en que cada dormitorio debe estudiarse con independencia de los demás. Hay cuarteles, como por ejemplo los de Atarazanas en Barcelona, que conteniendo un gran número de dependencias militares, gran número de tropa de todas armas, y fortificaciones especiales, presentan un conjunto total de grandísima extension, en el cual los dormitorios se encuentran situados á grandes distancias unos de otros, segun lo que exijen las fortificaciones, la clase de arma, la facilidad del servicio, y hasta la configuracion del conjunto total, que tal vez se hizo en varias épocas, y atendiéndose principalmente á lo que aconsejaba la táctica.

Hay algunos cuarteles antiguos y modernos construidos de planta para servir de tales, los cuales tienen cierta regularidad, obedecen principalmente á las condiciones del servicio más que á las de la higiene, y ofrecen mas facilidades que los demás, al ingeniero ó arquitecto, para establecer una ventilacion sistemática.

En cuantos hospitales militares y cuarteles hemos visto, no hemos encontrado disposicion alguna que tienda á establecer la ventilacion, que siempre es necesaria. En los cuarteles se cuenta solo con la ventilacion natural de puertas y ventanas durante el verano: durante las noches de invierno, la ventilacion es nula. Por las mañanas, y durante el dia, se abren las ventanas, se levantan las camas, y entonces se empieza á limpiar algo la atmósfera de los dormitorios.

En la construccion de los cuarteles en nuestro pais está admitido y se sigue generalmente el sistema de grandes salas, que sirven de dormitorios á una compañía por lo menos. La compañía cuenta de 60 á 70, y aun 80 hombres: parece que para el servicio es conveniente que una compañía tenga un dormitorio corrido único. En lo general los dormitorios suelen ser para mas de una compañía, sobre todo en los cuarteles de planta; pero en los demás se encuentran casos de una compañía que se reparte en seis pequeñas salas-dormitorios.

Segun lo prescrito actualmente en Francia, á cada soldado de infantería deben corresponder 3,75 metros cuadrados de suelo en el dormitorio, y 12 metros cúbicos de capacidad ó volúmen de dormitorio: para cada soldado de caballería se asignan 4 metros cuadrados de superficie y 14 metros cúbicos de espacio. No sabemos si esta disposicion se llevará con todo rigor á la práctica, aun en circunstancias ordinarias.

En España, á juzgar por lo que hemos tenido ocasion de estudiar en los cuarteles de Barcelona, el soldado está en mejores condiciones que en Francia respecto á estos dos puntos, que tanta influencia tienen en la salubridad. Los numerosos dormitorios de la tropa en la plaza de Barcelona están distribuidos en las fortificaciones y cuarteles que siguen:

Ciudadela; Atarazanas; Monjuich.
Barceloneta (cuartel de infantería).
Barceloneta (cuartel de caballería).
San Agustin (artillería).
San Pablo; Buen-Suceso; Junqueras.

Hé aqui algunos datos, elejidos entre los que tenemos á la vista, relativos á dormitorios de la tropa, y á la superficie y volúmen que presentan por cada soldado, para deducir las medias.

Cuartel del Buen-Suceso,

Número de órden de los dormitorios.	Superficie total en metros cuadrados.	Volúmen total en metros cúbicos.	Número de hombres.	Superficie por hombre en metros cuadrados.	Volúmen por hombre en metros cúbicos.	OBSERVACIONES.
1	175	735	60	2,9	12	
2	108	432	31	3,4	14	
3	102	408	31	3,3	13	
4	249	996	60	4,1	16	Un dormitorio, y corredor-dormitorio.
5	176	704	60	2,9	12	Dos dormitorios y un corredor-dormitorio.
6	253	1074	60	4,2	18	Dos dormitorios, y un corredor-dormitorio.
7	175	735	60	2,9	12	

Cuartel de San Agustin.

Número de órden de los dormitorios.	Superficie total en metros cuadrados.	Volúmen total en metros cúbicos.	Número de hombres.	Superficie por hombre en metros cuadrados.	Volúmen por hombre en metros cúbicos.	OBSERVACIONES
8	570	2679	161	3,5	17	
9	233	1095	50	4,6	22	
10	432	2289	80	5,4	28	
11	432	2289	80	5,4	28	
12	140	658	34	4,1	19	

Cuartel de caballería de la Barceloneta.

Número de órden de los dormitorios.	Superficie total en metros cuadrados.	Volúmen total en metros cúbicos.	Número de hombres.	Superficie por hombre en metros cuadrados.	Volúmen por hombre en metros cúbicos.	OBSERVACIONES.
13	418	2090	92	4,5	22	Cada dos salas forman una crujía, cerrada por el mismo techo. Un tabique separa las dos salas, presentando grandes aberturas en lo alto.
14	330	1650	74	4,4	22	
15	418	2090	80	5,2	26	
16	418	2090	80	5,2	26	

Cuartel de infantería de la Barceloneta.

Número de órden de los dormitorios.	Superficie total en metros cuadrados.	Volúmen total en metros cúbicos.	Número de hombres.	Superficie por hombre en metros cuadrados.	Volúmen por hombre en metros cúbicos.	OBSERVACIONES.
17	412	1648	100	4,1	16	
18	412	1648	100	4,1	16	Cada dos salas forman una crujía cerrada por el mismo techo. Un tabique, con grandes aberturas semicirculares, y pilares, separa ambas salas.
19	412	1648	100	4,1	16	
20	412	1648	100	4,1	16	
21	412	1854	100	4,1	18	
22	412	1854	100	4,1	18	
23	412	1854	100	4,1	18	
24	412	1854	100	4,1	18	

Fortificaciones y cuarteles de Atarazanas (todas armas).

Número de órden de los dormitorios.	Superficie total en metros cuadrados.	Volúmen total en metros cúbicos.	Número de hombres.	Superficie por hombre en metros cuadrados.	Volúmen por hombre en metros cúbicos.	OBSERVACIONES.
25	153	826	40	3,8	20	
26	433	2368	68	6,5	32	Varias piezas irregulares.
27	1116	7254	280	4	26	Una sola pieza con dos filas de pilares.
28	697	4530	172	4	26	
29	301	1806	90	3,3	20	Dos piezas.
30	278	1529	75	3,7	20	
31	618	3090	65	9,5	48	
32	484	1694	125	3,8	14	
33	420	1680	90	4,6	19	
34	1422	7394	250	6	30	Una sola pieza con dos filas de pilares.
35	306	1989	50	6	31	

Las cinco tablas que acabamos de dar, referentes á 35 grandes dormitorios, tomados en cuarteles ex-conventos, en cuarteles de planta nuevos ó viejos, y en fortificaciones, nos demuestran que, con cortas excepciones, tiene el soldado en Barcelona muy buenas condiciones de dormitorio, tanto en lo relativo á superficie horizontal como á volúmen ó espacio. Lástima es que con estas buenas condiciones de local, no se estuviera en estado de hacer el gasto que requiriese la mejora de la ventilacion, ó por mejor decir, la creacion de la ventilacion siste-

mática, regular y suficiente. El Estado tiene en el personal de ingenieros militares, un gran elemento para estudiar y proponer los medios más convenientes, aplicables á cada caso, para hacer completamente salubres los dormitorios; y (segun Mr. Morin) acaso se compensase el gasto que esta mejora lleva consigo, con la disminucion del de los hospitales.

Tienen, por regla general, los dormitorios de nuestros cuarteles, ventanas al exterior ó á pátios, al ménos de un lado. Algunas veces, á más de esta série de ventanas de un lado, tienen tambien por el otro comunicaciones con corredores, que están en relacion con el exterior por grandes arcos, cerrados ó no por cristales, segun el clima. Otras veces las salas comunican con el exterior por muchas ventanas colocadas en los dos largos muros. Hemos observado, por lo comun, buenas condiciones de ventilacion natural por estas aberturas; pero como ya hemos dicho, estas no pueden servir durante las noches, y sobre todo durante las noches de invierno. El olor de los dormitorios es pronunciado por las mañanas antes de abrir las ventanas; despues va disminuyendo; desaparece casi completamente en algunos durante el dia; en otros es más persistente.

En los edificios levantados de planta para cuarteles, se ha seguido el sistema más económico, de dormitorios de 11 metros de anchura, divididos en su eje longitudinal por pilares que sostienen vigas maestras, ó arcos (segun los casos) que reemplazan á las vigas maestras.

Los cuarteles de caballería hechos de planta, tienen los dormitorios sobre las cuadras, y suelen por esta razon no tener más que dos pisos: el bajo, destinado esencialmente á cuadras, y el primero, destinado á dormitorio del soldado. Además del terreno absorbido por los dormitorios, todos los cuarteles exijen un gran número de dependencias, que aprovechan todo el terreno sobrante en las diferentes plantas del edificio.

Para estudiar las disposiciones más convenientes al calentamiento y ventilacion de los cuarteles ex-conventos, nos referiremos á lo que digamos tratando de los hospitales.

Respecto á los cuarteles de nueva planta, consideremos como tipo

el nuevo cuartel de infantería de la Barceloneta. Este cuartel tiene los dormitorios por compañía, acoplados dos dormitorios en cada crujía, y separados por un muro de carga, segun el eje de la crujía. Esta disposicion es una de las propuestas por la comision de ingenieros militares, nombrada por Real decreto de 4 de febrero de 1847. Los dormitorios por compañía, ó sean de 100 camas (aunque no estén todas ocupadas normalmente), tienen, segun los militares, grandes ventajas para la facilidad del servicio, vigilancia, economía de lámparas, revistas de policía, etc.

Las *figuras* 10, 11 *y* 12, representan un doble dormitorio que puede alojar hasta 200 hombres. Su disposicion general es la misma que los del cuartel de la Barceloneta. Este cuartel tiene por planta un rectángulo, que presenta un gran patio rectangular y cuatro alas. Las dos alas laterales presentan, en el piso bajo y en el primero, los dormitorios; la anchura de los dos dormitorios acoplados, es la anchura de la crujía. Hay, pues, ocho dormitorios de á 100 hombres, dos acoplados en el piso bajo del ala derecha, otros dos iguales en el piso bajo, ala izquierda, y uno sobre cada uno de estos en el piso primero. El ala de fachada, el ala posterior, y los segundos pisos de las alas laterales, que son las más largas, están ocupadas con dependencias del cuartel, escaleras, casa para el coronel, y pabellones de oficiales. Solo hay en una de las alas laterales, piso segundo, un gran dormitorio igual á los anteriores, ocupando media crujía, con ventanas al patio, y destinado á los músicos. La mitad de esta crujía, que mira al exterior, está tambien destinada á pabellones de oficiales.

La *figura* 12 es una planta de dos dormitorios de 100 hombres cada uno, adosados. La *figura* 11 es un corte longitudinal por la línea *A A* del plano. El plano de este corte es uno de los paramentos del muro divisorio. 1, 1, cuartos de aseo. 2, 2, cuartos de escobas, agua, etc. 3, 3, cuartos de utensilios. 4, 4, cuartos de sargentos.

La principal cuestion á que hay que atender en el calentamiento y ventilacion de los dormitorios de los cuarteles, es la de la economía. Hemos visto que el calentamiento más barato es el de caloríferos interiores. Este será, pues, el sistema que elejiremos; pero las circunstan-

cias especiales de los dormitorios, la necesidad de dejar su espacio libre de obstáculos que obstruyan la circulacion, nos obligan á colocar el calorífero dentro de uno de los pequeños cuartos, formados con tabiques, que existen en los extremos de los dormitorios.

La ventilacion que proponemos como la más económica, es la ventilacion por medio de ventiladores, movidos á mano por los mismos soldados. Admitida ya la ventilacion mecánica, falta solo decidir si los ventiladores han de obrar por inyeccion ó por aspiracion sobre los dormitorios. La necesidad de emplear el aire nuevo, calentado en invierno en uno ó dos caloríferos, aconseja el empleo de la ventilacion por inyeccion, combinada, durante el invierno, con una cierta aspiracion natural. El repartimiento del calor es más uniforme con este procedimiento, sobre todo en las condiciones que nos fijan las circunstancias locales.

Hé aquí ahora los detalles de las disposiciones que proponemos.

6 6 (*figuras* 11 *y* 12), son dos cuartos destinados á contener los caloríferos y los ventiladores. *C C*, es el calorífero. Es el mismo descrito en el capítulo 3.° de esta memoria. Dentro del gran tubo *C*, de chapa delgada de hierro (palastro), va el calorífero propiamente dicho. *V*, es el ventilador, el cual aspira el aire exterior por el tubo *a a*. Este tubo, de 40 centímetros de diámetro, va unido á la abertura de la cara plana ó disco del ventilador. El otro disco no tiene más abertura que la necesaria para el paso del eje que lleva las paletas, y la polea. El ventilador es de paletas planas, y de envolvente en espiral, como hemos explicado detalladamente en otro lugar; pero no lleva la placa divisoria que allí dijimos, y que aquí no serviria para nada, toda vez que este ventilador no aspira más que por una de sus caras. El tubo *a a*, arranca del ventilador, como hemos manifestado; se eleva verticalmente hasta cerca del techo; se encorva horizontalmente, y recorre en esta direccion 6 metros próximamente, para venir á abrirse paso al través de los largos muros, y sobre una ventana del exterior ó del interior. Todo esto se representa por líneas de construccion en la *figura* 12. De cada calorífero sale un tubo de palastro delgado, de 40 centímetros de diámetro, *r r*... y *r' r'*... estos tubos van

colocados cerca del techo, sobre las dos caras del muro divisorio central: llevan una série de aberturas en su parte alta, que pueden cerrarse á corredera, en totalidad ó en parte. Bajo las tablas mochileras representadas en 55... en las tres figuras, hay dos tubos iguales á los anteriores, y con análogas aberturas en su parte inferior: estos son xx... para un dormitorio, y $x'x'$... para el otro. Están colocados horizontalmente, á una distancia de 1,20 de las camas, y sobre las cabeceras. La longitud horizontal de estos tubos es casi la de los dormitorios: el extremo de ellos que está cerca de los caloríferos está cerrado: en los otros extremos del dormitorio los tubos se elevan, siempre apoyándose en los muros, hasta cerca del techo: allí se encorvan horizontalmente, y se dirijen al interior de una lijera chimenea ó conducto adosado exteriormente al muro, y situado en el patio. Los tubos se prolongan uno ó dos metros dentro de la chimenea. Las *figuras* 10 *y* 12 representan la chimenea en proyeccion y en planta, ó corte horizontal respectivamente. Los tubos r y r' están tambien cerrados en sus extremos.

La *figura* 10 es un corte trasversal de los dormitorios, que representa el testero opuesto á los caloríferos. Las mismas letras representan las mismas cosas en las tres figuras.

Durante las noches de invierno que exijan la accion de los caloríferos, el aire exterior, aspirado por el ventilador, recorrerá los tubos aa y penetrará en el ventilador; de allí será arrojado al calorífero, donde se calentará, y penetrará en los tubos rr... y $r'r'$... de donde saldrá por las aberturas que dichos tubos presentan, en venas dirijidas contra el techo. La magnitud de estas aberturas debe ir aumentando con la distancia al calorífero para que la ventilacion sea uniforme: la experiencia indicará cómo deben quedar las tapaderas de las aberturas para conseguir este fin. Los tubos xx y $x'x'$ son, como puede suponerse, los conductos de evacuacion. Hemos dicho ya que estos conductos tienen un trozo vertical dentro de los dormitorios, trozos que no tienen aberturas; sino que estas existen solamente en los trozos horizontales colocados bajo las tablas mochileras. Estos trozos de tubos verticales, llenos de aire á la temperatura de los dormitorios, que será siempre, y sobre todo en invierno, más elevada que la exterior, inicia-

rán la aspiracion del aire viciado; aspiracion que se encontrará secundada, aunque débilmente, por la inyeccion del ventilador. Iniciada la aspiracion del aire viciado, y llena de este aire caliente y húmedo la chimenea donde desembocan los tubos $x\,x$ y $x'\,x'$, el tiro tomará una energía proporcionada á los elementos conocidos de altura de chimenea, seccion, y diferencia de temperaturas. El aire viciado penetrará en los conductos $x\,x$ y $x'\,x'$ por las aberturas, convenientemente graduadas, que estos llevan en su parte inferior, y por dichos tubos se dirijirá á la chimenea. Esta no puede tener más altura que la del muro sobre que se apoya, y que forma una de sus caras, si se construye de la manera más ligera posible; en otro caso puede elevarse mucho más. Una misma chimenea recibe todos los conductos de los dormitorios adosados y superpuestos. En el caso del cuartel de la Barceloneta, la chimenea correspondiente al ala izquierda llevaria cinco conductos, dos correspondientes á los dos dormitorios del piso bajo que representan las figuras, otros dos á los dormitorios iguales á los anteriores, y superpuestos á ellos, que hay en el piso primero, y uno correspondiente al dormitorio de los músicos, en el segundo piso. En el ala derecha del cuartel no hay más que cuatro tubos, porque todo el piso segundo está destinado á pabellones de oficiales.

En verano, la aspiracion natural de los tubos y chimeneas será escasa, porque la diferencia de temperaturas entre el aire viciado y el exterior es mucho menor que cuando los caloríferos funcionan. Conviene en esta época tener mayores aberturas de evacuacion que las que ofrecen los tubos $x\,x$ y $x'\,x'$. Para ello bastará tener unas aberturas al exterior, cerca del techo, en los muros ó en las ventanas. Estas aberturas deberán estar provistas de sus puertas ó tapaderas, tanto para graduar su magnitud, como para cerrarlas en invierno. En todos los casos debe disponérselas de modo que si por ellas entrase viento, fuese en venas, dirijidas de abajo arriba, cuya velocidad de entrada se amortigua sin causar molestia alguna. La ventilacion en verano quedaria casi reducida á la que proporciona el ventilador, Veamos á cuánto ascenderá.

Supongamos que se quiere una ventilacion de 20 metros cúbicos

por hora y por hombre, ó sea un total de $20\times100=2.000$ metros cúbicos por hora y por dormitorio de 100 hombres, que son los que tiene actualmente el cuartel de la Barceloneta. Una velocidad de 4 metros por segundo en el aire al salir del ventilador, es suficiente (cuando los conductos que el aire tiene que recorrer son, como en el caso actual, de poca longitud) para que pueda salir por todas las aberturas de la longitud de los tubos $r\,r$ y $r'\,r'$. El trabajo que se ha de emplear para poner en movimiento, con una velocidad de 4 metros por segundo, los 2.000 metros de aire, es (mitad de la fuerza viva comunicada) de

$$\frac{1}{2}\times\frac{2.000\times1,3}{9,81}\times4^2=2.112 \text{ kilográmetros.}$$

Pero, como ya hemos explicado en otro lugar, no debemos contar con un efecto útil del ventilador, superior á 0,1 del trabajo total desarrollado: luego para obtener los 2.112 kilográmetros efectivos, el ventilador absorberá un trabajo igual á $2.112\times10=21.120$ kilográmetros por hora, ó sean 6 kilográmetros por segundo próximamente. Este trabajo puede ser desarrollado fácilmente por un hombre moviendo un manubrio.

Un hombre solo, relevado cada dos horas, puede fácilmente, segun hemos visto, suministrar 2.000 metros cúbicos de aire por hora para un dormitorio de 100 hombres, y para los dos dormitorios, si nos contentamos con 10 metros cúbicos por soldado y por hora. Aceptado el último extremo, no se necesitaria más que un ventilador para los dos dormitorios. Tambien puede emplearse un solo calorífero en lugar de los dos que hemos colocado. El calorífero es de poco coste. Los ventiladores de este género, de pequeña velocidad, no hacen ruido, y son de muy poco coste; la mayor parte de ellos es de madera. No hay necesidad de emplear engranaje alguno; un tambor ó polea de madera, que lleva implantado en uno de sus brazos, y á la conveniente distancia del centro, un manubrio, una correa y un pequeño tambor de madera, montado sobre el mismo árbol de las paletas del ventilador, componen todo el mecanismo. Las velocidades de la polea que manda y de la man-

dada, ó sean sus diámetros, estarán en relacion de 1 á 4. El hombre puede naturalmente dar 30 vueltas de manubrio por minuto, luego el ventilador dará 120 vueltas en el mismo tiempo. Con estos datos se calcula el diámetro del ventilador, como ya en otra ocasion hemos manifestado. Dicho diámetro será para este caso de 1 metro próximamente.

Hé aquí las dimensiones de un ventilador colocado por Mr. Sagey en la cárcel celular de Tours, y que, segun dicho señor, pone en movimiento 2.800 metros de aire por hora, con una velocidad de 4,5 metros. Diámetro del ventilador, $1^{m},3$. Ancho del mismo, $1^{m},4$. Si los datos relativos al efecto útil de este ventilador son exactos, su coeficiente debe ser superior al aceptado constantemente por nosotros para los cálculos, de 0,1; porque para producir ese efecto útil el trabajo deberia ser algo fatigoso, y segun Mr. Sagey, los presos conducen el manubrio con suma facilidad y una sola mano. Admitiendo que los penados de la cárcel de Tours hagan un trabajo de 6 kilográmetros por segundo, y que los datos de Mr. Sagey no sean exajerados, el coeficiente de dicho ventilador será $^{1}/_{6}$ en lugar de $^{1}/_{10}$, como nosotros hemos tomado para mayor seguridad. Este ventilador tiene cuatro paletas planas solamente.

El calentamiento de los cuarteles con el sistema descrito, sería el más económico que pueda emplearse. La ventilacion no costaria nada. Verdad es que tiene que hacerla el mismo soldado, pero no encontramos en ello grave inconveniente. Contentándonos con una ventilacion de 10 metros por hora y por hombre, y admitiendo que se ventile diez horas al dia, y que los soldados se releven cada dos horas, tendremos que cada noche trabajarán 5 hombres; y como los dobles dormitorios tienen 200, tendremos que cada soldado trabajará, cada cuarenta dias, dos horas. Si se quiere una ventilacion de 20 metros cúbicos por hora y por hombre, cada soldado tendrá dos horas de un ejercicio fácil cada veinte dias. Si los datos relativos al ventilador de Mr. Sagey son exactos, con el trabajo de dos horas por soldado cada cuarenta dias, se ob-

tienen 14 metros $\left(\frac{2.800}{200}\right)$ de aire por hora y por hombre; y si se po-

nen dos ventiladores, y cada hombre trabaja dos horas cada veinte dias, se obtiene una ventilacion de 28 metros de aire.

Por los detalles que acabamos de exponer, se ve que el calentamiento y la ventilacion de cuarteles puede hacerse á poca costa; que se puede obtener una ventilacion de 20 á 28 metros cúbicos de aire por hora y por hombre, con solo añadir á los servicios de limpieza del cuartel, la obligacion á cada soldado de ventilar dos horas el dormitorio cada veinte dias una vez; que el trabajo este sería fácil; que no se quitaria una noche siquiera al sueño del soldado. Con estas condiciones y circunstancias, no creemos que el sistema encontrase oposicion ó repugnancia alguna por parte de los militares, y el Estado podria mejor arrostrar el pequeño gasto anual de combustible para el calentamiento, gasto que en las capitales de España de clima benigno, sería verdaderamente insignificante. Veamos cuál sería el mínimum de gasto de combustible para Barcelona, calculado próximamente: para tener en cuenta todas las circunstancias y hacer exactos los cálculos, seguiríamos la marcha expuesta en otro lugar y aplicada al hospital.

El cuartel de infantería de la Barceloneta aloja hoy 800 hombres, que á razon de 20 metros de aire para cada uno y por hora, exijen 16.000 metros de aire. Para un cuartel, y en Barcelona, podríamos contentarnos con aumentar la temperatura del aire en 10 grados solamente, por término medio, en los dias de calentamiento, y llevando al último extremo posible la economía. Ya hemos dicho en otro lugar, que la temperatura media del mes más frio en Barcelona es algo superior á 8 grados. Los 16.000 metros de aire que hay que calentar de 10 grados, por término medio, durante el invierno, absorberán $16.000\times 1{,}3\times 0{,}24\times 10^{\circ}=50.000$ unidades de calor. Admitiendo que solo se aprovechen 7.000 calorías de las 8.000 que desprende cada kilógramo de hulla, el gasto de combustible por hora sería de

$$\frac{50.000}{7.000}=7 \text{ kilógramos.}$$

El gasto al dia para una ventilacion y calentamiento de diez horas, será

de 70 kilógramos. Suponiendo que sea preciso en Barcelona calentar el aire para la ventilacion durante cuatro meses solamente, ó sean ciento veinte dias al año, el gasto anual de combustible para calentar los dormitorios del cuartel de la Barceloneta, sería por lo ménos de 8.400 kilógramos de hulla al año, que al precio de 200 reales los 1.000 kilógramos, daría un gasto anual de 1.680 reales. Pongamos 2.000 reales, para tener en cuenta las pequeñas reparaciones del material de calorífero y ventilacion, aceite para engrasar, etc. Por 2.000 reales, como mínimum, se podria calentar lo extrictamente preciso el aire de ventilacion en invierno.

El calentamiento de este mismo cuartel en Madrid sería mucho más costoso: en primer lugar porque sería necesario calentar el aire más que en Barcelona; en segundo lugar porque habria necesidad de calentarlo muchos más dias al año que en Barcelona; en tercer lugar porque el combustible es más caro.

En Madrid habria que elevar la temperatura del aire de 14° por término medio (tomamos siempre el mínimum, y suponemos que los dormitorios de 100 hombres están acoplados de tal modo que presentan poca superficie de enfriamiento, que las ventanas tienen las proporciones medias de los cuarteles, que los dormitorios sean llenos, esto es, todas las camas ocupadas, etc.). En Madrid habria necesidad de calentar el aire de ventilacion durante 170 dias al año; y el combustible, empleando hulla, no bajaria de 300 rs. los 1.000 kilógramos, *siendo inferior en la potencia calorífica* al de Barcelona. Segun estos datos, el calentamiento del mismo cuartel de la Barceloneta costaria en Madrid 10 kilógramos de hulla por hora, ó sean 100 al dia, ó $100 \times 170 =$ 17.000 kilógramos próximamente al año, que al precio de 300 rs. los 1.000 kilógramos (carbon de Santullan y de Barruelo), representarian un gasto anual de combustible para el calentamiento de 5.100 rs., cuando en Barcelona no sería, como hemos visto, mas que de 1.680 rs. Este ejemplo demuestra cuánto puede cambiar, segun las localidades, el precio del calentamiento, tanto por razon del clima como por el precio del combustible. Madrid es uno de los puntos menos favorecidos de España bajo este doble concepto.

Pudiera acaso pensarse que, no calentándose ordinariamente los dormitorios de los cuarteles, y siendo la ventilacion la cuestion principal por razon de higiene, se podria establecer la ventilacion ya que no costaria nada por el sistema que hemos propuesto, sin establecer el calentamiento, que es lo que exije algun gasto anual. De ningun modo pueden ventilarse durante las noches frias los dormitorios de los cuarteles sin calentar el aire, por lo menos como hemos indicado, de 10° por término medio en Barcelona (unas noches algo más, otras algo menos). El calor desprendido por los hombres, que es el que hoy sostiene en los dormitorios una temperatura notablemente mas elevada que la exterior, se disiparia fácilmente en cuanto se estableciese la ventilacion sin el prévio calentamiento del aire. Los dormitorios se quedarian demasiado frios, y la ventilacion sería incómoda al soldado, y aun podria llegar á ser perjudicial.

En el caso en que no se quiera ó no se pueda ni aun hacer el mínimo gasto que acabamos de indicar para el calentamiento y ventilacion de los cuarteles, hé aquí lo que puede hacerse para mejorar las condiciones higiénicas de estos edificios. Se dispondrán conductos verticales de evacuacion del aire viciado adosados á los muros, y mejor embebidos ó embutidos en ellos. Estos conductos convenientemente distribuidos, abriéndose por su parte inferior dentro de los dormitorios y por su parte superior al exterior, funcionarán durante las noches de invierno, produciendo una ligera aspiracion, motivada por la diferencia de temperaturas entre el aire viciado y el aire exterior. Durante las noches templadas de primavera, se establecerá una ventilacion artificial con los ventiladores, algo mas activa que la ventilacion natural é insuficiente de invierno. Durante las calorosas noches de verano, se establecerá una ventilacion artificial enérgica, que será muy agradable al soldado, el cual se da mejor cuenta de la buena impresion y frescura del dormitorio, que de las razones de salubridad que motiva la ventilacion.

La ventilacion no solamente tiene por objeto en los dormitorios de los cuarteles la salubridad de estos locales, y hacer respirar aire puro al soldado, sino que proporciona indirectamente otra ventaja, la de hacer ménos sensible al organismo del soldado las frecuentes salidas á los co-

munes, en las cuales tiene que atravesar á veces por sitios frescos y bien ventilados; la impresion que sobre la economía animal produce el cambio repentino de atmósfera, suele ser funesta aun en verano. La ventilacion constante de los dormitorios sostiene la piel seca y la hace menos sensible á una supresion repentina de la traspiracion cutánea. Por estas consideraciones y otras análogas, se ha dicho por Mr. Morin, que acaso el aumento de gasto que lleva consigo el calentamiento y la ventilacion de los dormitorios de los cuarteles, encontrase una compensacion en la disminucion del gasto en los hospitales. Y ya que volvemos á tocar esta idea, sobre la cual nunca nos parecerá que insistimos demasiado, debemos agregar nuevamente, que despues de todo y sobre todo está la cuestion moral y humanitaria, que obliga moralmente al Estado á mejorar, hasta donde se alcance y sea posible, la salubridad de cuarteles, hospitales militares, cárceles y presidios. Lo mismo podemos decir respecto á las diputaciones provinciales y ayuntamientos en hospitales civiles, casas de correccion, de asilo, de beneficencia, y escuelas de instruccion primaria y de adultos.

Las disposiciones que hemos aceptado para la evacuacion del aire viciado en el cuartel de la Barceloneta, representadas en las *figuras* 10, 11 *y* 12, así como las que hemos aconsejado de una manera general para los demás cuarteles ya construidos, no son seguramente las mejores y mas eficaces, sino las únicas aplicables á estos edificios tales como están. Cuando se trate de levantar un cuartel nuevo, los conductos de aspiracion deben construirse al mismo tiempo que los muros y en el interior de estos. Esta es la mejor posicion que puede darse á los conductos de evacuacion, no solamente en los cuarteles sino en muchos edificios. Los conductos de evacuacion, construyéndolos al paso que los muros y en el interior de estos, pueden hacerse muy numerosos, no incomodan nada absolutamente, no son siquiera visibles, no cuestan nada. En los cuarteles deberia haber un conducto entre cada dos camas, ó por lo menos uno por cada par de camas. Cada conducto vertical de evacuacion de aire viciado ocuparia toda la altura del muro, hasta desembocar bajo la cubierta ó tejado, sobre el cielo raso del segundo piso. Sobre la cumbrera del tejado se colocarian dos chimeneas de 2 á 3 me-

tros de altura solamente, y de una seccion igual á la suma de las secciones de los conductos. Estos deberian tener de 3 á 4 decímetros cuadrados de seccion. El aire viciado de los dormitorios de todos los pisos se reuniria en el desván comprendido entre el cielo raso ó techo del segundo piso y la cubierta: de allí pasaria á las chimeneas. La ventilacion se haria como hemos descrito; pero los tubos de chapa de hierro para repartir el aire del ventilador, se reemplazarian con cornisas huecas. De este modo no se veria en los dormitorios aparato alguno, ni para calentar ni para ventilar. Los dormitorios quedarian tan desembarazados y libres como ahora están.

II.

De los hospitales.

Estos edificios son sin duda los que más imperiosamente reclaman el calentamiento, y sobre todo la ventilacion. Albergándose en ellos la humanidad desvalida y doliente, afectada en muchos casos de enfermedades contagiosas, es una cuestion humanitaria de la más alta moralidad para el Estado, las corporaciones populares y la sociedad entera, el cuidar de que los desgraciados que buscan un asilo temporal en los hospitales, no se encuentren allí rodeados de causas que agraven aún más su situacion.

Segun la opinion de médicos distinguidos, las salas de los hospitales no debieran contener un gran número de enfermos, aun en el caso en que ofrecen el espacio y superficie de suelo que se estiman convenientes. El sistema de grandes salas con gran número de enfermos, tiene la ventaja de un servicio algo más fácil y una vigilancia ménos costosa; pero estas ventajas aparecen más que compensadas con los inconvenientes que resultan de la aglomeracion de enfermos, la dificultad de hacer desaparecer los olores, la de hacer una extensa y conveniente clasificacion de las salas ó *visitas*, segun lo exijen los diferentes grupos de afecciones; y por último, el inconveniente de repetirse con frecuencia la triste sensacion que sobre los enfermos producen los lamentos

de un compañero de desgracia, su agonía ó su muerte. Guiados por estas consideraciones, que en nuestra pobre opinion tienen una gran fuerza, hemos proyectado un hospital que nos ha servido de estudio en esta Memoria, admitiendo solamente un máximum de 24 enfermos para cada sala. Tambien creemos, que en esta clase de edificios no deben admitirse más pisos que el bajo, primero y segundo, disposicion con la cual se pueden tener tres salas de enfermos superpuestas, que es lo más que debe haber. No conviene que haya en los hospitales dos salas de enfermos ó visitas en comunicacion entre sí, como sucede en casi todos los hospitales de España, porque esta comunicacion hace en parte ilusoria una de las ventajas de la clasificacion de las salas. Para la facilidad de la ventilacion natural en verano, para la luz, y para recreo natural y grato á los enfermos, las salas deben tener grandes ventanas al exterior, una para cada cama, ó por lo ménos una para dos camas. Estas ventanas pueden abrirse en verano en aquellas salas y en aquellas horas que los médicos ordenen. No conviene que las salas estén acopladas á lo largo, y comunicándose entre sí ó comunicando con un mismo corredor intermedio desprovisto de luces laterales. En España existe en muchos hospitales esta disposicion inconveniente, por consecuencia del primitivo objeto del edificio. En efecto, la mayor parte de los hospitales españoles, así como otros edificios públicos, han sido conventos que se han habilitado para hospitales, sin otra modificacion que el echar abajo y hacer desaparecer los tabiques divisorios que separaban las celdas, resultando de aquí que suelen tener ventanas al aire libre de un solo lado, y del otro comunican con un largo corredor que unas veces (y esto es lo mejor) comunica á su vez con los pátios, y otras sirve de separacion entre dos salas de enfermos.

No solamente conviene que las diferentes salas de enfermos estén aisladas unas de otras, sino que los grupos de salas que puede haber en un hospital, estén tambien separados, interpolando entre ellos ciertas dependencias. Haciéndolo así se satisface á la cuestion de higiene, y al mismo tiempo á la facilidad del servicio. Por estas razones, en nuestro proyecto de hospital, las dos alas opuestas del edificio están destinadas á los enfermos, y las otras dos á los servicios de administracion

y de sanidad. La conveniente separacion de los grupos de salas requiere la necesidad de grandes pátios, los cuales proporcionan la ventaja de gran luz, y buena y natural ventilacion en verano.

Si se quisiera construir un hospital, no para 144 enfermos como el nuestro, sino para 500, por ejemplo, convendria formar el edificio por pabellones aislados, separados por pátios ó jardines. Cuatro edificios como el que hemos descrito en esta Memoria, convenientemente agrupados y con lijeras modificaciones, nos darian un hospital para 500 hombres y otras tantas mujeres, que reuniria, en nuestra opinion, las mejores condiciones higiénicas.

Segun Mr. Morin, que ha reunido datos de muchos hospitales, así franceses como ingleses, el volúmen ó espacio de las salas de enfermos no debe bajar de 50 metros cúbicos por cama, y el suelo debe presentar una superficie de 11 metros por cama.

En España hay hospitales, como el de Valencia, que tienen salas en las cuales cada enfermo tiene mucho más de los 50 metros de espacio; pero en la mayor parte de ellos hay una gran irregularidad en la altura de las salas del mismo hospital, en su ancho, y en el número de enfermos. En unos hospitales sobra mucho local, y sin embargo, los enfermos están demasiado aglomerados; en otros falta sitio, y la aglomeracion es forzosa.

La higiene en la alimentacion, la limpieza general, son hoy cualidades ó circunstancias que reunen la mayor parte de nuestros hospitales. Un hecho, sin embargo, hemos notado en algunos de ellos, cuya bondad higiénica no hemos podido comprender nunca, y es el regar en toda estacion, ó el fregar los suelos con tan grandes cantidades de agua, que todo se resiente de aquella casi permanente humedad: esta circunstancia, ni nos parece buena, llevada á la exajeracion, ni que la limpieza sea proporcional á la cantidad de agua que sobre el suelo se tira. Respetamos, sin embargo, en esto la opinion de los facultativos que lo ordenan ó lo consienten.

El calentamiento de todos los hospitales que hemos visitado, se hace por estufas simples de aire caliente, sin circulacion de aire nuevo; los productos de la combustion marchan al exterior por un tubo de

chapa de hierro que atraviesa una ventana ó un muro, ó entran en un conducto alojado en el espesor de los muros.

La ventilacion de cuantos hospitales hemos visto, es insignificante. En algunos hemos oido hablar de ventilacion, y al aproximarnos nos hemos encontrado con medios para ventilar, que pueden calificarse de ridículos y cuyo efecto es seguramente nulo.

Creemos muy conveniente llamar la atencion sobre el abandono en que se tiene hoy la cuestion de la ventilacion de los hospitales: no se da á ella en nuestro pais, toda la importancia que merece: estamos por decir que no se conoce bien la necesidad de una buena ventilacion. Por esta razon creemos que la Academia de ciencias, al promover el estudio del calentamiento y ventilacion de los edificios habitados, por medio de un concurso público, hoy que tenemos ejemplos, medios, y resultados de lo que han hecho las otras naciones, ha prestado un señalado servicio á nuestro pais, en un ramo que no solo se refiere al bienestar material, sino que entraña una cuestion capital de higiene, que en ciertos casos llega á ser de deber moral, y humanitaria. Convencidos de esto, y poseyendo algunos datos, ideas y estudios especiales sobre la materia del concurso, hemos querido ponerlos á la disposicion de aquella Corporacion ilustre, respondiendo así á su noble llamamiento.

La cuestion de la ventilacion de todos los edificios habitados donde se aglomeran muchos de individuos, ha despertado hace pocos años la atencion de los médicos y aun de los Gobiernos en varios Estados, y no será fuera de propósito, para llamar la del nuestro, referir lo acaecido en Inglaterra sobre tan importante asunto.

En el año de 1857 se elevó al Gobierno inglés un informe sobre el estado sanitario del ejército de aquel pais, en el que se señalaba un dato estadístico notable. La mortalidad en el ejército ascendia en tiempo de paz á 17 ½ por 1.000 al año, cuando no llega á 9 ½ entre los hombres de la misma edad en la vida civil en aquel pais, y á 12 en el ejército francés. Estudiáronse con este motivo la vida y servicios del soldado, los estados médicos de las enfermedades á que sucumbian, etc. Vióse que las dos terceras partes de las defunciones habian sido causadas por el cólera, la disentería, fiebres gástricas, nerviosas y tifoideas, y prin-

cipalmente por la tisis pulmonar. El informe atribuia el exceso de la mortalidad á varias causas, entre las que consideraba como la mas eficaz *la insalubridad de los cuarteles y hospitales, y la falta de ventilacion.* Nombróse inmediatamente por el ministerio de la Guerra una comision para estudiar las mejoras del estado sanitario de los hospitales y cuarteles, y diósele por dicho centro una instruccion clarísima y terminante, verdadero modelo de instrucciones, fijando los puntos que debia abarcar el estudio, y autorizando á la comision para ordenar la inmediata ejecucion de las obras que exijiese el calentamiento y la ventilacion, siempre que el presupuesto de ellas no excediese de 12.500 duros para cada uno de los 161 edificios militares (cuarteles y hospitales) que cuenta Inglaterra.

No conocemos los datos estadísticos que se refieren á la mortalidad del soldado en España, aunque existen bien determinados, y podrian consultarse con fruto. Pero hé aquí el resultado del movimiento del hospital militar de Barcelona en el último año, en que no ha habido epidemia alguna.

Entrados en el hospital durante todo el año....	4.095
Han salido curados.....	3.485
Han salido á baños.....	27
Con licencia temporal (convalecientes).....	196
Inútiles para el servicio.....	203
Muertos.....	137
Presuntos locos.....	2
	4.048

La diferencia entre los números 4.095 y 4.048 proviene de las diferencias de existencia al principiar y acabar el año.

Segun tenemos entendido, los diferentes cuerpos y guarniciones que envian sus enfermos á este hospital, suman por término medio 8.000

hombres. Si todos estos datos son exactos (pueden comprobarse); si todos los años de un estado sanitario normal (cosa que no sabemos) mueren en la proporcion de 137 por 8.000, ó sea de 17 por 1.000, tenemos aquí la misma mortalidad excesiva que motivó en Inglaterra la reforma de cuarteles y hospitales, y el establecimiento de la ventilacion sistemática.

El mejor sistema de calentamiento que puede emplearse en los hospitales civiles ó militares en muchas capitales de España es el del vapor, y de ventilacion, la ventilacion mecánica, utilizando todo el año casi todo el vapor de escape de la máquina, durante el invierno en el calentamiento á una presion de 1 $^1/_2$ á 1 $^1/_4$ atmósferas, y durante el resto del año en los diferentes usos de un hospital, que hemos enumerado al comparar los diversos sistemas de ventilacion y estudiar la ventilacion mecánica. Para pequeños hospitales debe emplearse el sistema de caloríferos interiores, que hemos descrito en la página 480; y siempre que sea posible, la ventilacion por chimeneas de aspiracion por abajo.

Cuando se trata de calentar y ventilar hospitales ya construidos, edificios viejos habilitados para hospital, no es posible trazar reglas fijas que puedan servir de guia al ingeniero ó al arquitecto, el cual tendrá que aprovechar las circunstancias particulares del local en cada caso, de tal modo que los detalles y disposiciones que acepte para uno, deberá modificarlos forzosamente en otro, aunque en principio el sistema permanezca el mismo. Respecto al calentamiento, el sistema que con menos dificultades tropezará en estos edificios antiguos y de distribucion sumamente irregular, es el de caloríferos interiores dispuestos como nosotros hemos descrito. Estos caloríferos sirven al mismo tiempo de conductos de introduccion de aire nuevo caliente en invierno y frio en verano; pero para que llenen completamente este doble objeto, es preciso que el tubo que envuelva el calorífero tenga una seccion mucho más grande que la que dió Mr. Péclet; es preciso que esta seccion esté calculada con arreglo á una velocidad del aire de 5 á 6 decímetros por segundo. No haciéndolo así, no pueden servir para una ventilacion suficiente, sobre todo en verano. El conducto de introduccion de aire para una sala puede estar colocado bajo su suelo, ó en el techo de la sala inferior. Respecto al sistema de ventilacion, el sistema de aspiracion

por chimeneas (por abajo), si no es el sistema más espedito en algunos casos, es siempre el que menos costará al año á igualdad de ventilacion. Una sola chimenea general de aspiracion por abajo, si es posible, y varias si el edificio es tan irregular que los conductos subterráneos de evacuacion habian de ser muy largos y su coste mayor que el de varias chimeneas, producirán siempre una ventilacion regular, constante y barata. Los conductos de evacuacion se pueden construir al exterior de las salas de enfermos, adosados al paramento de los muros de dichas salas, paramento que da á patios, corrales, jardines, ó galerías exteriores. Estos conductos podrán hacerse de ladrillos, de tubos de gran diámetro de barro barnizado ó sin barnizar, y de chapa de hierro: los primeros tendrán siempre mas duracion que los segundos, en el caso en que han de estar á la intemperie, y deben ser siempre preferidos. La chapa de hierro se oxida fácilmente, y su óxido mancha completamente los muros, dándoles muy fea apariencia. Su duracion no pasa de ocho á diez años. En el caso de colocarlos, deben estar embreados perfectamente al exterior, y es además necesario darles una capa de alquitran cocido todos los años. El alquitran que para esto se emplea es el de las mismas fábricas de gas, que se evapora hasta hacerle perder todos los hidrocarburos volátiles que contiene, de modo que queda sólido á la temperatura ordinaria. Cuando los tubos de chapa no se emplean á la intemperie, pueden ser pintados al óleo por los procedimientos comunes, y entonces resisten bien y son de buen servicio.

Cuando el hospital se construye de planta, los conductos de evacuacion se hacen á poquísima costa, y son los mejores, en los macizos de los muros. Los de introduccion se hacen del mismo modo ó en el interior de los suelos, segun el sistema que se adopte.

En ciertos casos pueden obtenerse numerosos y buenos conductos de evacuacion y de introduccion de aire en edificios ya construidos, estableciendo paralelamente á los muros largos de las salas de enfermos, á una distancia de estos igual al ancho de un ladrillo comun, y en el interior de las mismas salas, tabiques de panderete. Estos tabiques dejan entre ellos y los largos muros un espacio que, dividido en el sentido vertical por ladrillos de canto, forma una gran série de conductos. Esta

disposicion disminuye forzosamente la anchura de la sala en el largo de un ladrillo, si queremos establecer conductos en los dos lados de la sala, y solamente en el ancho de un ladrillo si nos contentamos con conductos de un solo lado. Lo mejor es ponerlos en ambos lados de la sala: ya hemos dicho tratando de los conductos de evacuacion del aire viciado, que, si fuera posible, convendria poner un conducto de evacuacion bajo la cabecera de la cama de cada enfermo; pero no es fácil en muchos casos hacer lo mejor, y tenemos que contentarnos con aproximarnos en lo posible al ideal de la buena ventilacion, y no olvidar nunca los principios sobre que descansa. La disposicion que acabamos de indicar para edificios ya construidos, lleva consigo la necesidad de perforar los suelos entre las cabezas de las vigas, cerca de la seccion de encastramiento ó empotramiento de estas en los muros; pero esta operacion es fácil y no ofrece inconveniente alguno, cualquiera que sea la construccion de los suelos. Esta disposicion que acabamos de indicar disimula los conductos interior y exteriormente, y permite dar á estos secciones grandes; pero es mas costosa de establecer que las primeras que hemos apuntado.

El ingeniero ó arquitecto encargado del calentamiento y ventilacion de un edificio cualquiera, no debe nunca perder de vista los recursos que los diferentes servicios del edificio puedan ofrecerle para el calentamiento ó la ventilacion. Hay casos en que estos servicios pueden ligarse al calentamiento ó á la ventilacion, y de ello resultar una notable economía. Ya hemos visto la inmensa ventaja que resultaba en nuestro hospital, del empleo de la ventilacion mecánica, cuando el calentamiento del aire, el de aguas para baños, el de las medicinas, caldos, etc., se hacia con el vapor que habia servido en la máquina. Hay otras veces algunos otros medios que el ingeniero no debe nunca despreciar, y vamos á poner un ejemplo. El hospital militar de Barcelona tiene su fábrica de gas especial, gas que sirve no solo para el alumbrado, sino para las cocinas, y para mover una máquina privilegiada por el doctor Arbós, fundada en un principio semejante al de las ya conocidas máquinas de Lenoir y de Hugon.

Todo el mundo sabe que en los hornos de las retortas de gas se

pierde una inmensa cantidad de calor, y hasta ahora, nadie ha pensado en utilizarlo en otra cosa que en calentar el mismo aire para la combustion, y esta mejora no se ha generalizado. Las dos fábricas de gas de Barcelona consumirán 500.000 quintales de carbon al año, en cuya destilacion se gasta por lo ménos el 20 por 100 de cok. De modo que se queman anualmente en los hornos de gas de Barcelona 100.000 quintales de cok. De estos 100.000 quintales no se aprovecha útilmente un 10 por 100, entendiéndose por calor utilizado el que ha necesitado la hulla para descomponerse y desprender sus gases permanentes, y sus productos condensables y condensados, como alquitrán, aguas amoniacales, hidrocarburos líquidos, etc. Al que parezca exajerado nuestro aserto, le haremos observar, que el cuerpo que se calienta, que es la retorta, está á la temperatura del rojo cereza claro, y que los productos de la combustion han de abandonar la retorta, esto es, han de terminar su efecto útil á una temperatura algo superior á la de la retorta.

En el hospital militar de Barcelona podria utilizarse el calor perdido en su pequeña fábrica de gas, en la ventilacion, si no de todo el hospital, al ménos del grupo de las salas de enfermos que se encuentran más próximas á los hornos. Esta parte podria de este modo estar ventilada gratuitamente. La disposicion que hubiera podido adoptarse es bien sencilla, y consistiria en una chimenea metálica de fundicion en la parte baja, y de chapa gruesa de hierro en la parte alta y media, colocada dentro de la chimenea de los hornos de gas. La chimenea metálica, que sería de aspiracion por abajo, aspiraria el aire viciado de las salas por conductos de evacuacion descendentes. Los grupos de conductos de evacuacion se reunirian definitivamente en uno, ó dos, ó tres, que serían los que desembocarian en la chimenea metálica. El espacio anular que quedaria entre ambas serviria de chimenea de los hogares de los hornos de gas. El tiro de estos hornos no disminuiria, á pesar del enfriamiento que ocasionaria en el humo el contacto de la chimenea metálica, porque sabido es que hay una temperatura para el máximum de tiro en las chimeneas, temperatura que (aunque funcion de la temperatura exterior), puede valuarse en 300° aproximadamente.

Por otra parte, aunque el humo de los hogares de las retortas se enfriase hasta 100°, se sabe que tenemos en nuestra mano dos elementos para aumentar el tiro, no pasando de cierto límite: estos dos elementos son la altura de la chimenea y la seccion.

En todos los edificios en que se establece una ventilacion sistemática, pero muy principalmente en los hospitales, es muy importante el tener algun medio de comprobar la marcha de la ventilacion, y las irregularidades que esta ha sufrido durante la ausencia del gefe local del hospital, ya sea que estas faltas provengan del contratista, si la ventilacion se hace por contrata, ya provengan de los agentes subalternos encargados de este servicio. De todos los aparatos que se han inventado hasta hoy para consignar ó contrastrar la marcha del servicio de la ventilacion durante veinticuatro horas, el mejor es el anemómetro totalizador de Mr. Hardy, segun resulta del ensayo á que le ha sometido Mr. Morin durante dos años en el Conservatorio de Artes de París, cuyos anfiteatros y bibliotecas están ventilados y calentados. El anemómetro totalizador eléctrico de Mr. Hardy ha sido colocado muy recientemente en los pabellones del hospital de Lariboisière en París, por indicacion de Mr. Morin y orden del Gobierno francés. Segun manifiesta Mr. Morin en su informe á la Academia de ciencias, publicado en *les Comptes rendus*, dicho aparato está prestando muy buenos servicios en el referido hospital. El instrumento de Mr. Hardy ha puesto de manifiesto muchas irregularidades y faltas en la ventilacion de los pabellones ventilados por el sistema de Mr. Duvoir-Leblanc, ó sea de ventilacion por chimeneas de aspiracion por arriba, y faltas é irregularidades aún mayores (segun el ilustre General) en el sistema de ventilacion por inyeccion mecánica (insufflation). Los resultados que resume Mr. Morin, y que pueden verse en *les Comptes rendus* de enero del corriente año de 1867, así como las consecuencias que de ellos parecen deducirse, siempre desfavorables al sistema de la ventilacion mecánica, merecen que hagamos nuevamente una observacion seguida de algunas reflexiones, en consonancia con lo que hemos manifestado en la teoría de la ventilacion. Mr. Morin persiste siempre en no considerar más que un solo lado de la cuestion. Este sábio distinguido no mide

la ventilacion más que por el aire viciado que sale por los conductos ó chimeneas de evacuacion, al revés de Mr. Péclet, que al estudiar la ventilacion mecánica, atiende solo al volúmen de aire nuevo que inyecta el ventilador, y que penetra en las salas por los conductos de introduccion, sin cuidarse para nada de qué fraccion de este volúmen es la que se escapa por los conductos de evacuacion. Segun se deduce de la teoría que expusimos al principio de esta Memoria sobre la ventilacion de edificios, si los experimentos sobre ventilacion se hacen sobre el volúmen de aire inyectado, saldrá favorecido en la comparacion el sistema de la ventilacion mecánica sobre el sistema de la ventilacion por chimeneas de aspiracion por arriba; pero si, como lo ha hecho Mr. Morin, las indicaciones del anemómetro no versan más que sobre el volúmen de aire evacuado, se favorece decididamente á la ventilacion por aspiracion. Ya hemos dicho, en el lugar correspondiente de esta Memoria, cómo deben hacerse, en nuestra pobre opinion, estos experimentos comparativos; cómo debe apreciarse y medirse la ventilacion; y por lo tanto, cómo han de compararse los efectos de dos sistemas, y qué debe entenderse por ventilacion *real*. Es inútil insistir más sobre este punto, que creemos haber puesto en su verdadero terreno; y este terreno está á tanta distancia de Mr. Péclet como de Mr. Morin, ocupando el punto medio de sus opuestas opiniones.

La descripcion del anemómetro totalizador eléctrico de Mr. Hardy, puede verse en los *Anales del Conservatorio de Artes*.

III.

IGLESIAS.

Las iglesias son los edificios que ménos necesitan de la ventilacion artificial. Por un lado el gran volúmen que ofrecen relativamente al número de personas, por otro la ventilacion que naturalmente se establece con la frecuente abertura de las puertas y por las aberturas de ajuste de los vidrios de las grandes ventanas, así como por los agujeros de las cúpulas y bóvedas, proporcionan una renovacion suficiente

del aire ó ventilacion natural. Unicamente en ciertos dias de solemnidades religiosas, de grandes funciones, cuando la concurrencia es mucha, considerable el número de luces y elevada la temperatura exterior, se hace necesaria la ventilacion artificial y sistemática.

Respecto al calentamiento, debemos decir que en muchas capitales de España, de clima templado, el calentamiento es más bien una cuestion de saneamiento de la iglesia, que de comodidad ó de bienestar para el público. Encuéntranse muchas iglesias lóbregas, húmedas y salitrosas, hasta tal punto que las personas delicadas se resienten de una permanencia algo prolongada en ellas, atribuyéndoles la causa de algunas afecciones, como el reuma y la constipacion. El aire húmedo y relativamente frio que en algunas iglesias se respira, no manifiesta solamente sus perniciosos efectos sobre la economía animal, sino que es tambien un elemento destructor de las imágenes, esculturas, molduras, dorados, cuadros, ornamentos de tela, y de todo cuanto existe en la iglesia para el culto ó para el ornato de la misma.

Las iglesias que, situadas en capitales de clima benigno en invierno, gocen además, por su situacion en terreno seco, lejos de todo foco de humedad y filtraciones, por su exposicion, por sus formas generales que permiten la entrada del sol en el templo, de la ventaja de la salubridad, no tienen una absoluta necesidad de calentamiento. Pero la ventilacion en los dias y horas críticos que antes hemos enumerado, es más indispensable aún en esos climas benignos en invierno, que suelen ser cálidos en verano, que en los climas frios.

Resulta de lo expuesto, que en España hay iglesias en las cuales debiera establecerse la ventilacion durante algunos dias y horas al año, y que no necesitan el calentamiento; y otras que por sus condiciones de insalubridad, ó por la crudeza del clima, ó por ambas causas reunidas, exijen calentamiento y ventilacion.

Las iglesias que deban tener calentamiento y ventilacion artificiales, no necesitan nunca ser calentadas y ventiladas simultáneamente. En verano es evidente que solo se necesita la ventilacion. Durante el invierno, ó los dias frios de invierno, funcionará normalmente el calentamiento de la iglesia, mas no la ventilacion. Cuando llegue un dia de

solemnidad religiosa, en que la concurrencia haya de ser grande, se suspenderá el calentamiento de la iglesia durante las horas de la funcion, y entonces empezará la ventilacion. No hay que temer que la temperatura de la iglesia baje sensiblemente durante las horas de la funcion religiosa, esto es, mientras la concurrencia en el templo es numerosa, porque el calor que encierran los muros, pilares y columnas unido al desprendido por la concurrencia y al de las luces, es muy suficiente para sostener la temperatura, cuando la ventilacion no es exajerada, como no necesita serlo en este caso. Indiquemos ahora sucesivamente las disposiciones más convenientes para la ventilacion y para el calentamiento de los templos.

Ventilacion sola.—Advertiremos desde luego, que habiendo ya explicado detalladamente, y en todos los casos que pueden presentarse, todos los cálculos necesarios para un sistema cualquiera de calentamiento y ventilacion, no calcularemos nada al estudiar las disposiciones más convenientes á los diferentes edificios, y nos contentaremos con algunos croquis para explicar claramente las disposiciones que preferimos en cada caso, cuando estas disposiciones no las hayamos descrito con anterioridad.

El mejor sistema que puede seguirse para la ventilacion de un templo, es el de un ventilador aspirante movido á mano, con una pequeña velocidad de dos vueltas por segundo si se trata de una iglesia pequeña, en la cual el ventilador puede producir un efecto suficiente. Si la iglesia es grande debe emplearse una chimenea de aspiracion por abajo. Todas las iglesias tienen, fuera del recinto sagrado del templo, dependencias más ó ménos numerosas y extensas, donde puede encontrarse un emplazamiento conveniente para el ventilador ó para la chimenea; cosas ambas que ofrecen pocas dificultades de instalacion, por cuanto ocupan muy poco espacio en el sentido horizontal. La chimenea puede adosarse á uno de los muros exteriores de la iglesia, para hacerla muy ligera y poco costosa; y aun colocarse en sitio no visible, teniendo ménos elevacion que sus muros altos. La chimenea de aspiracion por abajo funcionará con un hogar especial y directo, como ya sabemos,

colocado en su parte baja. La temperatura media de la chimenea de aspiracion no deberá exceder á la del aire exterior en más de 25 grados centígrados, como hemos indicado ya. Convendrá, si es posible, emplear un combustible que no dé humo, como el cok. Este combustible es hoy de un uso vulgar en todas las poblaciones donde hay fábricas de gas, y su precio compite con el de los demás combustibles en cada localidad. En Barcelona el cok de la fábrica de gas, cuya potencia calorífica es de cerca de 6.000 calorías, vale 8 reales quintal catalan, que tiene próximamente 41 kilógramos; de modo que la tonelada de 1.000 kilógramos cuesta 194 reales.

El croquis (*figura* 1) representa la planta de una iglesia de una sola nave, ventilada por medio de dos ventiladores *v v*, ó de una chimenea de aspiracion por abajo *A*. Dos conductos subterráneos, y á flor del piso, de 40 á 50 centímetros de profundidad solamente, y de la misma anchura, se han practicado paralelamente al eje de la iglesia, y á una distancia igual á la cuarta parte del ancho de la nave. Estos conductos se comunican entre sí, y están representados en el dibujo por *c c*... En algunos puntos de los parajes más húmedos, se han abierto algunos pequeños pozos *z z*... de la misma profundidad que los conductos *c c*... con los cuales comunican por los puntuados que se ven en la figura. Tanto los conductos de evacuacion *c c*... como los pozos, están cerrados al nivel del suelo de la iglesia, por planchas de madera con agujeros. Estas tablas ó tableros tienen un ancho mayor que el de las galerías de 10 centímetros, y su largo es de 50 á 70 centímetros. La coleccion de tableros para cubrir las galerías, está compuesta de cuatro clases. La clase número 1 tiene los agujeros en gran número; la clase número 2 tiene menor número de agujeros por unidad de superficie que el número 1; el número 3, aún ménos que el 2; el número 4 no tiene agujeros. El tener estas cuatro clases de tableros para cerrar los conductos de evacuacion *c c*... tiene por objeto hacer uniforme la aspiracion en todos los puntos de la iglesia. Cerca de la chimenea de aspiracion ó de los ventiladores, se colocan los tableros del número 3, alternando alguna vez con los del 4: en los puntos de las galerías más lejanos á la chimenea de aspiracion están los tableros

del número 1. De este modo se consigue una ventilacion general y uniforme por todos los puntos del conducto *c c*...

Ya hemos dicho que la ventilacion no funcionará más que algunas horas de ciertos dias del año.

Calentamiento y ventilacion.—Consideremos ahora el caso en que la iglesia necesita el calentamiento además de la ventilacion.

Pudieran emplearse, como dice Mr. Péclet, para calentar las iglesias, los caloríferos de aire caliente, el vapor, y la circulacion de agua caliente. Mr. Péclet desecha desde luego los de vapor, y deja reducida la cuestion á los caloríferos de aire caliente, y al agua caliente. Nosotros no creemos convenientes de ningun modo los caloríferos de aire caliente para el calentamiento de los templos.

Los caloríferos de aire caliente deberian estar colocados bajo el mismo recinto del templo; y como su accion calorífica no debe extenderse fuera de un radio de 15 metros en el sentido horizontal (véase la página 630), so pena de perder inútilmente mucho calor en los conductos y en el terreno, seria preciso emplear varios caloríferos para una misma iglesia, construir, por lo tanto, varias cuevas, una para cada uno, tener bajo el suelo de la iglesia varias galerías de comunicacion entre las cuevas. Así es que este sistema, aparentemente sencillo y barato de establecimiento, sería tal vez el más costoso.

Tampoco creemos que el vapor merezca, para el caso actual, la preferencia sobre el agua caliente sin presion, como se ha querido suponer por algunos. El empleo del vapor tiene, en efecto, la ventaja de exijir superficies de calentamiento menores que el agua calentada á 90° ó 100°; pero en cambio de esta pequeña ventaja tiene muchos inconvenientes cuando se trata del calentamiento de una iglesia, entre los cuales citaremos el exijir un fogonero inteligente y cuidadoso, para un generador que solo ha de funcionar algunos dias al año; tubos de agua de condensacion; vaso cerrado para recibir esta agua; alimentacion de la caldera, que se haria á mano no habiendo máquina de vapor, ó con aparatos que no están exentos de inconvenientes; purga de los tubos

de condensacion; válvulas de seguridad, manómetros, etc., con todos los cuidados que requiere cada uno de estos detalles.

El calentamiento por la circulacion de agua caliente sin presion en tubos de hierro ó de fundicion, alojados en los conductos *c c*... es el sistema más sencillo que imaginarse puede: los tubos no necesitan vigilancia alguna; la conduccion de la caldera está al alcance de cualquier persona; la alimentacion, para reemplazar las pequeñas pérdidas de agua que tienen lugar, se reduce á echar cada dia de calentamiento un poco de agua en el vaso de expansion: nada de llaves, de válvulas, de purga de aire, de peligro de explosiones, de alimentacion mecánica é inteligente, de peligro de quemar la caldera. La enumeracion sola de estas ventajas basta para que cualquiera se convenza de que, cuando se trata de calentar una iglesia, ningun sistema puede presentar la suma de ventajas que el de circulacion del agua caliente á baja temperatura, de 90 á 100 grados, en tubos alojados en conductos subterráneos de muy poca profundidad.

Pasemos ahora á estudiar los detalles del calentamiento de una iglesia por este sistema. Desde luego manifestaremos que para nada se necesita hacer que los tubos de agua caliente, alojados en los conductos *c c*..., tengan inclinacion alguna, como ha creido deber hacerlo Mr. Grouvelle en la iglesia de San Roque, en París, cuyos tubos están colocados bajo una pendiente de 5 por 100. Esta inclinacion exije forzosamente el empleo de conductos ó galerías profundas, y estas galerías llevan consigo una gran pérdida de calor absorbido por el suelo ó terreno, si la iglesia no tiene cuevas, ó perdido y diseminado en estas, si las tiene. Debe emplearse la disposicion representada en la *figura 4*. *T*, es la caldera: *a a*, la columna ascensional de 1,5 metros á 2,5 metros; *X*, es el tubo *completamente horizontal*, por donde marcha el agua caliente; *Y*, es el tubo por donde vuelve el agua enfriada á la caldera; *g g*, es la galería ó conducto de 40 á 50 centímetros de altura, embutido en el suelo de la iglesia. En esta galería *g g*, se ve el tubo de circulacion del agua: sus dos ramas aparecen una debajo de otra, porque siendo esta figura un dibujo convencional, se han puesto así para que se vean, y no se proyecten la una sobre la otra; pero en

la práctica, estas dos ramas no se ponen de esta manera sino á la misma altura, como se representa en la *figura* 5, corte trasversal de la galería *g g*. Los tubos de circulacion se pondrán siempre de nivel, horizontales; así tendremos la ventaja de no necesitar más que galerías de insignificante altura, de poco coste de construccion, y que pierden poquísimo calor por el suelo, porque presentan poca superficie de trasmision al terreno. No hay que temer que la circulacion del agua no se haga bien: se hará perfectamente en virtud de las diferencias de temperaturas en la columna ascendente *a a*, y en la descendente *b b*.

La *figura* 2 representa la planta del recinto interior de un templo. El hogar y su caldera están representados en *M*. *c c*... es la galería que sirve para la ventilacion, y que aloja los tubos de calentamiento por donde circula el agua caliente. La ventilacion se hace por medio de una chimenea de aspiracion por abajo, que se ve colocada entre la iglesia y el recinto de la caldera. Como se ve, la caldera está fuera del recinto del templo. Para que el conducto ó galería *c c*... se caliente con uniformidad (*figura* 2), conviene establecer en él, no una simple circulacion de agua caliente por medio de un solo tubo, que entrando por un extremo de la galería *c c*... salga por el otro, sino dos circuitos, dos circulaciones de agua paralelamente la una á la otra, pero marchando en opuestos sentidos. La razon es evidente: el tubo recorrido por el agua tiene una temperatura decreciente desde que sale de la caldera hasta que vuelve á esta; si hacemos que al lado de este circuito marche otro en sentido contrario, la temperatura decreciente del uno se compensa con la creciente del otro, de modo que la temperatura media en cualquier seccion del doble circuito será sensiblemente constante.

La *figura* 3 da una idea de la disposicion de los aparatos. *H* es el hogar de la caldera *T* de agua caliente: *a*, es la columna ascensional; *E*, es el vaso de expansion; *X*, el tubo de salida del agua caliente; *Y*, el tubo de vuelta del agua enfriada; *g g*, la galería, dentro ya del recinto del templo; esta galería *g g*, es la misma *c c*... de la *figura* 2 del texto; *K*, es uno de los muros del templo.

La *figura* 5 representa, en mayores dimensiones que las anteriores,

un corte trasversal de la galería *c c*... ó *g g* de las *figuras* 2 *y* 3. *t t*, representan los dos tubos, que se suponen en esa figura, de fundicion, unidos por collares ó bridas, entre las que se colocan rodajas perforadas de *caoutchouc* con doble tela, como dejamos explicado en páginas anteriores. Las bridas ó collares se aprietan con cuatro pernos. Los tubos *t t* van sostenidos de diez en diez metros por rodillos de madera, con ejes de hierro, fijados á pequeños piés derechos de madera que quedan embebidos dentro de los muros de la galería *g*. Estos rodillos se ven en *R*, y van locos sobre su eje de hierro. La galería *g* está formada con dos muretes, cuyo espesor es un ancho de ladrillo, como los tabiques de media asta. Estos muretes van recubiertos superiormente por largueros de madera, ensamblados á caja y espiga con los piés derechos de madera antes mencionados. Los largueros de madera *r r*, llevan arriba el galce, muesca ó encaje para recibir los tableros agujereados que cierran superiormente la galería *c c*... ó *g g* al nivel del suelo de la iglesia. Estos tableros deberán hacerse con madera vieja, aunque cueste algo más que la nueva, como sucede siempre, por razones sabidas bien de todos los constructores. *P P* representan los tableros.

Marcha del calentamiento y de la ventilacion.—Nunca marcharán simultáneamente el calentamiento y la ventilacion en la iglesia. En el verano esto es evidente, puesto que entonces no se necesita nunca calentar. En el invierno, ó durante los dias de invierno que lo necesiten, funcionará el calentamiento normalmente, y siempre solo. Cuando llegue un dia de solemnidad religiosa ó de funcion de iglesia, en el cual haya de haber gran concurrencia y sea preciso ventilar, cesará el calentamiento desde que empiecen á reunirse los fieles. Entonces se abren los registros que ponen en comunicacion las galerías *c c*... con la chimenea de aspiracion, se enciende el hogar de esta, y empieza á funcionar la ventilacion. Estos registros están colocados fuera de la iglesia y cerca de la misma chimenea. Cuando ha cesado la concurrencia y el templo ha vuelto á su estado normal, se cierran los referidos registros, queda interrumpida toda comunicacion entre la chimenea de aspiracion y las galerías *c c*..., y puede volver á em-

pezar á funcionar el calentamiento, encendiendo nuevamente el hogar de la caldera *T*, si se cree conveniente. Si no se quiere interrumpir el calentamiento de la caldera *T* durante las horas de funcion, no se interrumpe; pero entonces todo el calor que recibe el agua, y que esta distribuye al aire en las galerías, se pierde por la chimenea. Aunque decimos *se pierde*, entiéndase bien que se pierde para el calentamiento, mas no para la ventilacion; porque el combustible gastado bajo la caldera *T* será economizado casi todo en el hogar especial de la chimenea de aspiracion.

No se crea que la suspension del calentamiento de la iglesia durante las tres ó cuatro horas de gran concurrencia pueda enfriarla sensiblemente, aun habiendo ventilacion; el calor emitido por las personas, el de las luces, y sobre todo, el encerrado en los muros y pilares de la iglesia, son muy suficientes para que la temperatura se sostenga con poca variacion.

Siempre que funciona la ventilacion, conviene tener abiertas las altas ventanas de la iglesia y cerradas las puertas con dobles *portiers* separados; así es únicamente como se evitan las corrientes incómodas de aire de fuera adentro, que tienen siempre más tendencia (como debe suceder en invierno) á penetrar por las puertas que por las altas ventanas.

Las incómodas corrientes de fuera adentro, se encontrarian muy aminoradas en las iglesias si fuera fácil el empleo de los ventiladores soplantes, que ventilan por insuflacion ó inyeccion; pero esto no es posible. Ya hemos visto que las entradas de aire caliente ó frio al lado de las personas, son siempre incómodas y perjudiciales para estas. No siendo fácil establecer en las iglesias entradas de aire más que por el piso, debe renunciarse á los ventiladores soplantes ó impelentes, y en caso de echar mano de estas máquinas para la ventilacion de la iglesia, usar los aspirantes.

Inútil nos parece agregar que las galerías *cc*... pueden afectar formas curvas cualesquiera, evitándose con ellas cuantos obstáculos se encuentren; que pueden salir del recinto del templo por el lado que sea más conveniente, segun los casos; que puede haber una sola ga-

lería, en lugar de dos, como nosotros hemos puesto en las *figuras* 1 *y* 2 del texto; que el punto de arranque del tubo *X* debe estar por bajo del nivel del piso de la iglesia; que por lo tanto todo el hogar *H*, la caldera *T* y la columna ascensional *a*, han de estar bajo dicho nivel; que en iglesias de tres grandes naves pueden disponerse tres galerías, una en el centro de cada una.

Cuando la iglesia se calienta sin ventilacion, los registros que establecen la comunicacion entre las galerías *cc*... (*figura* 2) y la chimenea de aspiracion están cerrados. Entonces el aire que está en contacto con los tubos de las galerías *cc*... y aun con las paredes de esta, se calienta, se eleva, y penetra en el templo por las pequeñas aberturas de los tableros *P P*, que recubren ó cierran dichas galerías: este movimiento ascensional del aire de las galerías *cc*... provoca y determina una aspiracion, por los pozos *zz*... de modo que se establece un movimiento circulatorio del aire del templo, el cual penetra por los pozos *zz*, marcha por los conductos puntuados á las galerías *cc*... allí se calienta, y vuelve á penetrar en el templo por los agujeros ó calados de los tableros. Estos podrian ser reemplazados por placas caladas de fundicion; pero esto, aunque mejor y de una duracion casi indefinida, es más caro. La conductibilidad de las placas metálicas podria tener además algun inconveniente en España, por la costumbre general de las mujeres de sentarse en el suelo: esta es una de las razones, aparte de otras muchas, que aconsejan el empleo del agua caliente á baja temperatura (90° á 100°), y la que motiva la necesidad de emplear gran longitud de galerías y tubos, y poco diámetro en estos; todo con el objeto de que el aire salga de las galerías á poca temperatura (20° á 24°). La iglesia necesita un cierto número de calorías por hora; estas podemos darlas de dos modos: ó con poco aire á mucha temperatura, ó con más aire ménos calentado. En las iglesias, y mucho más en las de España, hay que seguir el segundo camino; esto no es un mal, al contrario, presenta muchas ventajas para la uniformidad de la temperatura en todos los sitios de la iglesia, pero es algo más caro de primer establecimiento.

IV.

ESCUELAS DE INSTRUCCION PRIMARIA.

Estas escuelas se encuentran casi siempre establecidas en locales habilitados de cualquier modo para ellas; unas veces estos locales son del ayuntamiento, otras veces son alquilados. Por regla general se componen de una sala rectangular de 5 á 7 metros de anchura y de 15 á 20 de largo. Tales son al menos sus condiciones en una gran parte de las capitales de España. Los niños ocupan unos taburetes colocados delante de largas y angostas mesas-pupitres, hasta que son llamados á los estudios de escritura, lectura, ó cuentas en los encerados. Análogos á estos locales son en su forma los destinados á la enseñanza primaria de las niñas. Los taburetes, bancos ó sillas están por regla general colocados en líneas paralelas y trasversales de la sala. El maestro ó las maestras ocupan uno de los extremos.

Vamos á indicar cuáles son las disposiciones mas convenientes que pueden emplearse para calentar y ventilar esta clase de locales. Ya hemos visto en diferentes sitios de esta Memoria, los defectos que la experiencia ha demostrado en las disposiciones propuestas por Mr. Péclet al gobierno francés, y establecidas por órden de este en muchas escuelas primarias francesas.

Cuando uno de los dos testeros de la escuela sea un muro exterior dando á un deslunado interior cualquiera, como es muy frecuente, adosaremos á este muro los aparatos. Paralelamente á dicho muro, y á metro y medio ó un metro de distancia de él, elevaremos un tabique de panderete que llegue hasta el techo de las salas. En este espacio que queda segregado de la sala, se coloca un calorífero de aire caliente análogo al descrito en las *figuras* 17, 18, 19 *y* 20. Las puertas del hogar y del cenicero de dicho calorífero se abren á la sala de la escuela. El aire nuevo, tomado del exterior al través de dicho muro, penetra en el calorífero, se calienta, asciende por los dos tubos *s s* (*figuras* 17, 18, 19

y 20), los cuales, atravesando el tabique, ocupan una gran parte de la longitud de la escuela, y aparecen colocados en lo alto de los muros longitudinales. Los dos tubos pueden ir cerrados en sus extremos, y provistos de aberturas en toda su longitud. Estas aberturas serian las de entrada de aire nuevo ó de *introduccion*. Si no se quiere que se vean estos tubos, no hay mas que construir en la sala-escuela una gran cornisa hueca, y provista en toda su longitud de aberturas por donde el aire nuevo, frio ó caliente, penetra en la sala. Las cornisas huecas hacen el mismo papel que los tubos, y son de buen aspecto. Se pueden construir de chapa delgada de hierro, que luego se pintan, de madera, de yeso, de barro cocido. En el caso de emplear cornisas huecas, los dos tubos *s s* se reducen solamente á la longitud necesaria para conducir el aire del calorífero á las cornisas, que llegan hasta el tabique. No se verá por lo tanto ningun tubo en la sala de la escuela.

Dentro del espacio comprendido entre el muro testero ya citado y el tabique, y á los dos extremos, se colocan dos pequeños hogares, cuyas puertas se abren tambien á la sala-escuela. Estos dos pequeños hogares, destinados á la ventilacion, se encuentran seguidos de dos conductos de fundicion, que con el del calorífico desembocan en una ligera chimenea de aspiracion, colocada en el exterior pero adosada al muro testero, que formará una de sus cuatro caras. Esta chimenea de aspiracion comunica con el espacio comprendido entre el muro testero y el tabique. En este espacio queda alojada una buena porcion de los dos tubos de hierro de los hogares de ventilacion: el aire que llena dicho espacio, recibe calor de ambos tubos.

Ya sea en todo el piso de la sala-escuela, ya solamente en el espacio central ocupado por las mesas de los niños y los asientos, se construye un entarimado de madera á 20 centímetros del piso: este entarimado deja entre él y el piso un espacio, que presenta en muchos puntos convenientemente colocados las *aberturas de evacuacion* del aire viciado. La marcha del aire viciado por los niños será la siguiente: penetrará dicho aire por las aberturas de introduccion en el espacio que ofrece el entarimado; de aquí pasará el aire viciado, por conductos colocados bajo el suelo si el entarimado es parcial, ó por este mismo entarimado si es

general, al espacio que media entre el muro testero y el tabique; y de aquí penetra en la chimenea de aspiracion. El aire viciado empieza á calentarse en el espacio que hay entre el muro testero y el tabique, por el contacto con los tubos de los hogares de ventilacion, y acaba de calentarse dentro de la chimenea, en la cual se mezcla con los productos de la combustion de los hogares de ventilacion, si estos funcionan, y con los del calorífero. Estas indicaciones, despues de cuantos detalles dejamos expuestos en el presente trabajo, son suficientes para que se comprenda bien la idea, sin necesidad de nuevos dibujos.

La disposicion que acabamos de proponer para el calentamiento y ventilacion de las escuelas, puede aplicarse cuando se quiere establecer con cierto lujo el sistema de calentamiento y ventilacion: en ella no se ven aparatos de ningun género, ni conductos de aspecto desagradable; el local queda libre de todo obstáculo á la vista y al paso; el repartimiento del calor es uniforme; la ventilacion puede ser enérgica cuando se quiera, alimentando los dos pequeños hogares de ventilacion á la vez, y puede disminuirse con economía haciendo marchar uno solo. Cuando no sea aplicable esta disposicion, ó cuando se quiera una instalacion mas fácil, puede emplearse la que dejamos descrita para las salas de hospitales, sistema primero. La única diferencia que habria es la de que la chimenea de aspiracion para una sala de escuela siempre ha de ser muy ligera, hecha de tabiques de ladrillos, y por consiguiente adosada á un muro.

Las salas de asilo pueden recibir la misma disposicion que las de escuelas, y en muchos casos mas fácilmente que estas, porque estando los niños por lo general colocados en anchas gradas de madera, estas gradas nos proporcionan la colocacion mas conveniente posible de las aberturas de introduccion, sin gasto alguno de entarimado, como en el caso anterior. Es preciso no perder de vista los buenos principios de la ventilacion: el aire viciado debe aspirarse siempre en muchos puntos á la vez, y lo mas cerca posible del sitio en que se vicia, ó sea de las personas. Ya hemos visto que el no seguir este principio Mr. Péclet, ha sido causa de uno de los mas notables defectos de su disposicion para el calentamiento y la ventilacion de las escuelas.

V.

Comunes en los diferentes edificios.

En todos los edificios donde ha de habitar, ó por lo ménos ha de reunirse durante un cierto tiempo un gran número de personas, hay que disponer locales destinados á la recepcion de nuestras deyecciones, desde los cuales han de dirigirse éstas por sus correspondientes conductos á las cloacas generales ó particulares, ó depósitos especiales, segun el sistema establecido en cada ciudad.

Los comunes forman, como es sabido, un foco de infeccion dentro de los edificios. La higiene, de acuerdo con nuestra comodidad, aconseja no perdonar medio alguno de tener estos lugares tan inodoros y ventilados como sea posible. En los proyectos de los edificios debe estudiarse cuidadosamente el emplazamiento de los comunes, conciliando, en cuanto quepa, la comodidad de las personas con el alejamiento de estos sitios, de los principales centros de reunion.

Fijado el emplazamiento de los comunes, y además de recurrir á los medios de que podemos disponer para hacer inodoros estos sitios, deben construirse ya en buenas condiciones de limpieza y de ventilacion naturales. En los recipientes ó vasos destinados á recibir las deyecciones sólidas, debe emplearse cualquiera de los sistemas que evitan la comunicacion permanente entre dichos vasos y las cloacas ó depósitos inferiores; esto es, deben emplearse los sistemas que establecen en los conductos descendentes, una cerradura hidráulica que impida la subida de los gases de las cloacas ó depósitos á los comunes, diseminándose de aquí al resto del edificio. En los recipientes ó vasos para las deyecciones líquidas, y para formar las paredes interiores de ellos, deben emplearse, lo mismo que en el caso anterior, cuerpos impermeables, como el esmalte ó barniz fundido. Tanto en el primer caso como en el segundo, los recipientes ó vasos deben tener grandes pendientes, y una corriente contínua de agua en capa delgada.

En toda clase de comunes, y más aún en aquellos que no han podido colocarse lejos de las personas, como, por ejemplo, en los teatros, es muy conveniente una disposicion que siempre hemos visto empleada con buenos resultados, y que consiste en hacer preceder el local de que nos ocupamos de un ante-comun, provisto de dos mamparas de doble resorte cada una: una de estas mamparas establece la comunicacion del teatro con el ante-comun; la otra pone en comunicacion el último con el comun. Rara vez se verán simultáneamente abiertas ambas mamparas, y difícil será, por lo tanto, que se establezca la comunicacion directa entre el comun y el espacio del teatro.

Todas las disposiciones y precauciones que acabamos de indicar son muy convenientes; más aún, son necesarias, y ninguna debe descuidarse: pero no bastan completamente para conseguir el resultado que nos proponemos en toda su extension. Necesitan además de la ventilacion artificial. Verdad es que se han propuesto infinidad de medios para desinfectar los comunes, fundados en la descomposicion de las materias fecales por ciertos agentes químicos; pero hasta ahora este sistema no se ha generalizado, y en muchos casos los agentes propuestos no operan la desinfeccion sino con enormes cantidades de una materia que no es tan barata que pueda usarse de ese modo. Creemos, por lo tanto, difícil por ahora la generalizacion de dicho sistema, y más conveniente, práctica y eficaz la combinacion de un buen sistema de ventilacion con las precauciones y disposiciones antes enumeradas.

Una disposicion buena para la ventilacion de los comunes es la que se ha empleado en el hospital de mujeres de Lariboisière; en el de hombres se ha empleado otra mucho ménos conveniente. La disposicion empleada en los pabellones de mujeres del hospital de Lariboisière, es fácil de concebir sin necesidad de recurrir al auxilio de una figura. Los conductos que descienden desde los vasos ó recipientes hasta el gran depósito inferior, penetran todos en una especie de caldera que hay antes de llegar al gran depósito de materias fecales. En esta caldera afluye constantemente un pequeño chorro de agua, de modo que está siempre llena, y rebosando de un líquido que no puede ser muy impuro, no obstante el descenso de las deyecciones que por los con-

ductos descendentes se verifica. Los conductos descendentes, que son de hierro colado, penetran por su extremo inferior en el líquido de la caldera, la cual establece por consiguiente una cerradura hidráulica general para todos los conductos de los comunes de todos los pisos de un mismo pabellon. Las materias fecales y deyecciones líquidas caen á esta caldera, que como siempre está llena, no puede contenerlas, y las derrama por sus bordes al gran depósito inferior. Como los comunes de los tres pisos de un pabellon están colocados uno sobre el otro, como casi siempre se hace y debe hacerse en todos los edificios, fácil ha sido establecer un solo conducto general de evacuacion de aire viciado para todos los comunes de un mismo pabellon. Este conducto se encuentra alojado en uno de los muros divisorios del edificio, que forma parte de las paredes de los comunes. Todos los conductos descendentes de los vasos ó recipientes de los comunes, comunican con el conducto general de evacuacion por tubos inclinados: el conducto general asciende hasta el desván, y se dirije, lo mismo que todos los conductos de evacuacion, á la chimenea de aspiracion por arriba que arranca del desván de cada pabellon. (Véanse las figuras del sistema 6.°)

La marcha del aire viciado en los comunes del hospital de mujeres de Lariboisière es la siguiente. El aire del cuarto-excusado ó comun penetra por las aberturas de los vasos ó recipientes, y desciende por los conductos descendentes de estos vasos hasta encontrar los tubos inclinados, por donde marcha al conducto general de evacuacion, que lo lleva hasta dejarlo en la base de la chimenea de aspiracion.

Si creemos conveniente la disposicion que acabamos de describir, no pensamos lo mismo de la establecida en la cárcel celular Mazas en París. El sistema allí establecido por Mr. Grouvelle es el siguiente. Cada preso tiene en su celda un vaso excrementicio: entre la tapadera del vaso y los bordes de este hay aberturas, por las cuales el aire de la celda entra en el vaso, aspirado por una gran chimenea de aspiracion por abajo; el aire de la celda desciende por el conducto del vaso excrementicio, hasta la cueva, sale de dicho conducto, y penetra en la cueva por una abertura colocada cerca del tonel donde desembocan las materias fecales de cada preso; por la cueva y grandes galerías subsiguien-

tes se dirije el aire á la chimenea general de aspiracion, y sale á la atmósfera por lo alto de esta. El inconveniente que encontramos en esta disposicion, consiste en que ventila los depósitos de materias fecales, y los ventila haciendo que por ellos pasen 30.000 metros cúbicos de aire por hora: de modo que infesta en cada hora 30.000 metros cúbicos de aire para lanzarlo á la atmósfera. Aun siendo, como es, muy elevada la chimenea de aspiracion de Mazas, no creemos que sea completamente inofensivo el lanzar tan grandes volúmenes de aire infestado en la atmósfera de una gran poblacion: no se olvide que no se trata aquí simplemente de aire viciado por las personas, sino cargado de los miasmas fecales de los presos, lo cual es muy distinto. No sabemos, sin embargo, que nadie se haya quejado de la chimenea de Mazas.

En el sistema de Lariboisière ya descrito, no se ventilan los depósitos de materias fecales, porque hay la cerradura hidráulica ya mencionada; y además, el aire afecto á la ventilacion de los comunes, no es el volúmen total de aire puesto en movimiento para la ventilacion del edificio, sino una pequeña parte, la necesaria para que los comunes no despidan olor; al paso que en Mazas todo el aire pasa por los conductos de los vasos hasta cerca de los depósitos de materias fecales.

En todos los edificios que tienen establecido un sistema de ventilacion, debe cuidarse de extender á los comunes los beneficios del sistema. La marcha que ha de seguirse consiste siempre en agregar á la série de los conductos parciales de evacuacion uno ó más conductos de evacuacion, que partiendo de los comunes, terminen en los conductos colectores de aire viciado. Estos últimos comunicarán en definitiva con la chimenea de aspiracion ó con el ventilador aspirante. La colocacion de los conductos y bocas de evacuacion en los comunes, exije forzosamente la colocacion de bocas ó entradas de introduccion de aire nuevo. (Véase *Teoría de la ventilacion*, capítulo 1.°) Estas entradas de aire nuevo deben tomar el aire de los locales del edificio y no del exterior; de este modo la ventilacion de los comunes nos proporciona gratuitamente la ventilacion de otros locales que pueden necesitarla.

VI.

TEATROS.

En los teatros, el calentamiento y la ventilacion no deben funcionar más que durante pocas horas del dia. Por esta razon el sistema más conveniente de calentamiento es el de caloríferos exteriores de aire caliente, colocados en las cuevas bajo el patio. Los caloríferos serán en número suficiente para que el aire caliente de cada uno no tenga que recorrer distancias horizontales mayores que la máxima que hemos fijado al ocuparnos en esta cuestion: deberán tener una gran cámara de aire, con el objeto explicado en otro lugar.

La ventilacion puede hacerse por chimeneas de aspiracion por abajo para todo el piso bajo, y por chimeneas de aspiracion por arriba para los palcos, anfiteatros y galerías. La chimenea de aspiracion por abajo llevará alojada en su interior la chimenea metálica correspondiente á los caloríferos, siempre que sea posible, é irá además provista de un hogar especial, como detalladamente explicamos en el primer sistema, Las aberturas de evacuacion del piso bajo estarán bajo las butacas, en el mismo entarimado del patio. Bajo el mismo entarimado pueden dejarse numerosos conductos de evacuacion, los cuales van á reunirse en colectores subterráneos, que definitivamente desembocan en la chimenea de aspiracion por abajo. Las aberturas de evacuacion para el resto del teatro pueden colocarse en el interior de los palcos, y bajo los asientos y gradas de las galerías y anfiteatros. Los conductos de evacuacion correspondientes á estas aberturas de evacuacion, irán adosados á los grandes muros de la sala, y mejor, alojados en el interior de dichos muros. Todos ellos van á desembocar á una chimenea de aspiracion por arriba calentada por la lucerna. La introduccion más conveniente del aire, segun los estudios hechos recientemente por la comision encargada de estudiar el calentamiento y ventilacion del teatro Lírico y del teatro del Circo en París, y principalmente por Mr. Morin,

que ha hecho un largo y profundo estudio de este caso, es la introduccion por conductos que, partiendo de la cámara de aire de los caloríferos, asciendan por el interior de los muros: la mayor parte de estos conductos se corren horizontalmente por el interior de un falso suelo de los palcos y desembocan en la sala; los otros desembocan en el espacio de la sala ó del escenario por aberturas colocadas en el muro que separa la sala de la escena, y en el tímpano. Todas estas disposiciones para la introduccion y la evacuacion, están en armonía con los principios, reglas y prescripciones que, siguiendo á Mr. Morin, hemos dado en esta Memoria, para la situacion de las aberturas de introduccion y de evacuacion: las primeras deben estar lo mas lejos posible de las personas, ó por lo ménos donde estas no puedan sentir su influencia; las segundas lo más cerca posible de las personas, ó sea del punto ó sitio donde se vicia el aire: unas y otras, y sobre todo las últimas, deben ser numerosas, y repartidas convenientemente.

Cuando no hay lucerna, la chimenea de aspiracion por arriba, de que antes hemos hablado, y que colocada en el centro del espacio que media entre el cielo-raso y la cubierta recibia los gases calientes que de aquella se desprendian, no tendria suficiente energía para la aspiracion, y exije la accion de un foco calorífico que reemplace la lucerna. Lo más cómodo y expedito en este caso es valerse de unos cuantos mecheros de gas, colocados en el centro de la base de dicha chimenea, forrando el interior de ésta de chapa delgada de hierro. Muy conveniente sería tambien que al construir los teatros se dejasen numerosos conductos en el interior de los muros, destinados á conducir directamente á la chimenea de aspiracion por arriba los productos de la combustion de los mecheros de gas colocados en los ante-palcos, pasillos, escaleras, comunes, y todos aquellos en que fuera posible hacerlo. Esta disposicion presentaria numerosas ventajas: dichos conductos darian una ventilacion gratuita; el calor de estos mecheros de gas se utilizaria en la chimenea de aspiracion por arriba; los dorados, las pinturas, no se resentirian de la accion del hidrógeno sulfurado del gas, que se pierde á veces sin quemarse. Para conseguir todos estos resultados, los mecheros deberian estar encerrados en cajas de vidrio, con una comunica-

cion con la atmósfera interior de los pasillos, ante-palcos, comunes, etc., donde los suponemos colocados. Por esta abertura de comunicacion se haria la aspiracion del aire para la alimentacion del mechero.

VII.

OTROS EDIFICIOS.

Los edificios ó los locales que no han sido especialmente estudiados en esta Memoria, como presidios, cátedras numerosas, salones de reunion, cafés, salas de asambleas, talleres especiales, grandes fábricas, como las de tabacos, filaturas, etc., deben recibir sistemas y disposiciones análogos á los descritos para iglesias, cuarteles, hospitales, escuelas de instruccion primaria y teatros, eligiendo los que mejor se avengan con las condiciones que el edificio y la localidad presentan, y los que la economía, la regularidad y constancia en el calentamiento y ventilacion, ó la discontinuidad de estas funciones, aconsejen. Para que el ingeniero pueda disponer libremente de todos los medios que la ciencia ofrece, y elegir las disposiciones mas propias y convenientes á cada caso, es necesario que al hacer el proyecto de un edificio se haga al mismo tiempo el del calentamiento y ventilacion; es preciso que el ingeniero industrial y el arquitecto marchen de acuerdo: de este modo los gastos de establecimiento se aminoran extraordinariamente, y el calentamiento y la ventilacion pueden alcanzar la mayor perfeccion posible.

Los presidios pueden ser calentados y ventilados por el sistema explicado ya para los cuarteles. En nuestro pais, y atendiendo principalmente á la economía, ese será el sistema mas conveniente.

Los talleres, las grandes salas de las fábricas, disponiendo, como ordinariamente sucede, de máquinas de vapor, deben recibir como sistema mas conveniente el calentamiento por vapor; la ventilacion puede ser mecánica, y puede tambien utilizarse el calor perdido por hogares y chimeneas para la ventilacion, segun los casos.

VIII.

CONCLUSION.

Hemos terminado nuestro trabajo. Hemos tratado de dar á conocer detalladamente las disposiciones hasta el dia empleadas para calentar toda clase de edificios. Hemos procurado exponer los principios generales de una buena ventilacion y las prescripciones que sobre este punto deben seguirse, despues de analizarlas teniendo á la vista los resultados comparativos de los numerosos experimentos que se han hecho en los últimos años. Hemos hecho la comparacion de los sistemas de calentamiento, de los sistemas de ventilacion, y de las principales combinaciones de ambos. Hemos trazado la marcha general de los cálculos para resolver los problemas de calentamiento y ventilacion en todos los casos. Y finalmente, hemos hecho aplicacion de este estudio á los principales edificios, eligiendo los que mas imperiosamente reclaman la ventilacion y calentamiento. Todos los datos prácticos, todas las tablas que puedan facilitar los cálculos, han merecido nuestra especial preferencia. Las tablas y cuadros comparativos que hemos formado no son aplicables sin modificacion á todas las provincias de España, cuyos climas son tan variados; lo son á muchas; y en las que no lo sean, pueden servir de norma para construir otros semejantes.

INDICE DE ESTA MEMORIA.

INTRODUCCION.—*Importancia del calentamiento y ventilacion de los edificios habitados*.... 421
CAPITULO 1.°—Ventilacion de los edificios.... 424
I. Teoría de la ventilacion.... 424
II. Número, seccion y posiciones relativas de los orificios ó aberturas del aire nuevo, y de evacuacion del aire viciado.... 447
III. Conductos de introduccion y de evacuacion.... 455
Toma del aire exterior.... 458
Evacuacion del aire viciado en la atmósfera.... 461
CAPITULO 2.°—De la potencia de los aparatos de calentamiento ó de caldeo.... 462
I. Del volúmen de aire que debe calentarse por hora, ó en general, del volúmen de aire nuevo necesario para una buena ventilacion.... 463
II. De la diferencia entre la temperatura del aire exterior y la temperatura constante que se quiera sostener en las salas.... 465
Temperatura interior.... 466
Temperatura exterior.... 468
Diferencia media de temperaturas que debe servir de base á los cálculos de la potencia de los aparatos de calentamiento.... 468
III. De la pérdida de calor que por los muros y por los vidrios experimentan las salas calentadas.... 471
IV. Del calor desprendido por las personas y por las luces en los locales que se han de calentar.... 473
CAPITULO 3.°—Descripcion de los sistemas de calentamiento y ventilacion empleados en los edificios habitados.... 475

I. Clasificacion..... 475
II. Primer sistema. Calentamiento.—*Por caloríferos interiores de aire caliente*..... 480
Ventilacion....—*Por chimeneas de aspiracion por abajo*..... 480
III. Segundo sistema. Calentamiento.—*Por caloríferos exteriores de aire caliente*..... 487
Ventilacion....—*Por chimeneas de aspiracion por abajo*..... 487
IV. Tercer sistema. Calentamiento.—*Por caloríferos exteriores de agua caliente*..... 491
Ventilacion....—*Por chimeneas de aspiracion por abajo*..... 491
V. Cuarto sistema. Calentamiento.—*Por caloríferos exteriores de vapor*..... 497
Ventilacion....—*Por chimeneas de aspiracion por abajo*..... 497
VI. Quinto sistema. Calentamiento.—*Por tubos y estufas de vapor colocados en los mismos locales que han de ser calentados*..... 498
Ventilacion....—*Mecánica (por impulsion ó inyeccion)*..... 489
VII. Sexto sistema. Calentamiento.—*Por circulacion de agua caliente en tubos y estufas colocados en los mismos locales que han de ser calentados*..... 508
Ventilacion....—*Por chimeneas de aspiracion por arriba*..... 508
VIII. Séptimo sistema. Calentamiento.—*Por circulacion de agua caliente en tubos colocados dentro de los muros.* 515
Ventilacion....—*Por aspiracion á nivel*.. 515

CAPITULO 4.°—Comparacion de los sistemas de ventilacion..... 520
I. Comparacion de los tres sistemas de aspiracion del aire viciado, llamados por los franceses de aspiracion por abajo, de aspiracion á nivel y de aspiracion por arriba..... 520
II. Comparacion entre la ventilacion mecánica y la ventilacion producida directamente por la accion del calor..... 543
Ventilacion mecánica..... 545
CAPITULO 5.°—Comparacion de los diferentes sistemas de calentamiento de los edificios habitados, bajo el punto de vista del combustible que cada uno exije para producir el mismo efecto..... 560
CAPITULO 6.°—Estudio de los proyectos de calentamiento y ventilacion de los edificios habitados, y comparacion de los gastos anuales que exijen los diferentes sistemas..... 566
I. Bases generales..... 567
II. Primer sistema..... 570
III. Segundo sistema..... 577
IV. Tercer sistema..... 583
V. Quinto sistema..... 591
VI. Sexto sistema..... 603
VII. Séptimo sistema..... 615
VIII. Resúmen comparativo..... 626
CAPITULO 7.°—Sistemas de calentamiento y ventilacion mas convenientes en los diferentes edificios... 631
I. Cuarteles..... 633
II. Hospitales..... 649
III. Iglesios..... 659
IV. Escuelas de instruccion primaria..... 669
V. Comunes en los diferentes edificios..... 672
VI. Teatros..... 676
VII. Otros edificios..... 678
VIII. Conclusion..... 679

INDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO.

PRIMERA PARTE.

Memoria premiada en el concurso público de 1863, *escrita por* Don Manuel Saenz Diez, *sobre la influencia de los fosfatos térreos en la vegetacion*..... pag. 7

SEGUNDA PARTE.

Memoria premiada en el mismo concurso y sobre el mismo tema, escrita por D. Ramon de Manjarrés y Bofarull..... 203
Id. id. escrita por D. José Hidalgo Tablada..... 297
Id. id. escrita por D. Ramon Torres Muñoz y Luna..... 349

TERCERA PARTE.

Memoria premiada en el concurso de 1867 *sobre el calentamiento y ventilacion de edificios, escrita por* D. Francisco de Paula Rojas. 421

ERRATAS PRINCIPALES.

Pag.	Línea.	Dice.	Debe decir.
—	—	—	—
425	5	en que la	en que lo
438	4	casi siempre (bien podemos decirlo)	casi siempre
440	26	á los	á lo
448	19	Beaujou	Beaujon
id.	22	le vent,	la vent,
450	23	courans	courants
457	15	proporcional á su altura	proporcional á la raiz cuadrada de su altura
461	*última*	en el aire	del aire
474	11	150 calorías	550 calorías
id.	12	72 gramos	42 gramos
481	20	al exterior	del exterior
494	12	emplea	emplean
495	29	igual al	igual á la del
501	17	$m\ m\ m$	$m'm'm'$
502	26	superior	exterior
512	17	$R\ R\ R$	$L\ L\ L$
515	5	cap. 4.°	cap. 6.°
528	4	el trozo	el aire del trozo
id.	12	$\frac{2\,S\,\delta\,L}{A}$	$\frac{2\,S\,\zeta\,L}{A}$
id.	15	$3\left(\frac{1}{m''}-1\right)$	$3\left(\frac{1}{m''}-1\right)^2$
529	15	$\frac{2\,S\,\delta\,L}{A}$	$\frac{2\,S\,\zeta\,L}{A}$
532	12	(D_1-d_1)	$(D-d_1)$
533	5	$\left(\frac{A}{m_4\ A_1}\right)^2$	$\frac{A}{(m_1 A_1)^2}$
id.	7	h_4	h_1
id.	9	$\left(\frac{A}{O'}\right)-1^2$	$\left(\frac{A}{O'}-1\right)^2$
535	24	un solo	este solo
id.	28	consecuencias	consecuencias?
551	3	combustible	combustible por hora
552	5	combustible	combustible por hora

Pag.	Línea.	Dice.	Debe decir.
—	—	—	—
565	4 y 5	segundo	tercero
569	6	3347	3473
573	10	=00,35	=0,035
575	5	7,48	7,19
579	*primer epigrafe marginal.*		*Corresponde al parrafo:* Esta economía, etc.
585	*primer epigrafe*	segunno.	segundo
586	8	0,0288 m²	0,0288 m
id.	*última*	0,05 m²	0,05 m
587	12	484	584
id.	*última epigrafe marginal*	ambos de los dos	ambos
id.	*última*	0,04 m³	0,04 m³
588		pag. 483	578
602	5	$\frac{0,466}{1}$	$\frac{0,466}{2}$
id.	*penúltima*	pag. 573	pag. 578
621	*epigrafe marginal*	corresponden	corresponde
626	*tabla 6.ª linea*	27.268	27.628
628	10	aire caliente	agua caliente
647	30	motiva	motivan
652	22	muchos de	muchos
670	32	introduccion	evacuacion
681	*epigrafe*	del aire nuevo	de introduccion del aire nuevo
682	23	489	498

3 2044 093 250 587